



Argentina



# EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS

## ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

### Informe Final sobre Tecnologías para Mitigación



*Este documento es resultado del Proyecto Evaluación de Necesidades Tecnológicas (ENT), financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) e implementado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el UNEP-Risoe Centre (URC), en colaboración con los Centros Regionales Fundación Bariloche y Libélula, para el beneficio de los países participantes. El presente informe es resultado de un completo proceso dirigido por los países. Las opiniones e información contenidas en el mismo, son producto del Equipo ENT Nacional, liderado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.*



**Presidenta de la Nación**

Dra. Cristina Fernández

**Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva**

Dr. Lino Barañao

**Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva a**

Dra. Ruth Ladenheim

**Subsecretaría de Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva**

Lic. Fernando Peirano

## RESPONSABLES Y COLABORADORES NACIONALES

<b>REFERENTE EN MINISTRO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA:</b>	Marcela Gregori
<b>COORDINACIÓN NACIONAL ENT:</b>	Gabriel Blanco
<b>EQUIPO TÉCNICO:</b>	
<b>Ministerio Agricultura Ganadería y Pesca</b>	Flory Begenesic Miguel Iribarren Carla Pascale
<b>Ministerio de Economía</b>	Martín Chojo
<b>Secretaría de Industria Comercio y PyME</b>	Guillermo Bidone, Luciano Scarpanti
<b>Secretaría de Energía</b>	Alejandro Boldes Eugenia Caraccia María Cristina Giusti Juan Ignacio Paraca Mónica Servant
<b>Secretaría Transporte</b>	Rodrigo Tornquist
<b>Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable – Dirección de Cambio Climático</b>	Lucas Di Pietro María Eugenia Rallo
<b>Subsecretaría de Recursos Hídricos</b>	María Josefa Fioriti Silvia Mengo
<b>Comisión Nacional de Energía Atómica</b>	Laura Dawidowski Darío Gómez Emilio Menviell
<b>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria</b>	Laura Finster Jorge Hilbert Graciela Magrin Miguel Taboada
<b>Instituto Nacional del Agua - Recursos Hídricos</b>	Dora Godniazki
<b>Instituto Nacional de Tecnología Industrial - Director Centro de Energía</b>	Mario Ogara
<b>CONSULTORES:</b>	Ana Lea Cukierman José Barbero Estela Santalla Enrique Puliafito Gabriel Vázquez Yanina Guthmann
<b>COLABORACION ESPECIAL:</b>	Elena Palacios



## Prólogo

El acceso a tecnologías limpias y eficientes que permitan la producción de bienes y servicios utilizando la menor cantidad posible de recursos naturales es una necesidad urgente para acompañar el actual proceso de crecimiento de la Argentina y transformarlo en un proceso de desarrollo sustentable y compatible con los requerimientos que la comunidad científica internacional ha establecido para hacer frente al cambio climático.

Para la Argentina es prioridad que esas tecnologías se hagan accesibles mediante la innovación y el desarrollo local a través de su sistema científico y tecnológico; pero también, y en aquellas áreas donde sea necesario, mediante la transferencia y adopción de tecnologías ya desarrolladas en otras latitudes.

Para hacer este proceso más eficiente se requiere de un análisis previo que permita identificar y priorizar las necesidades tecnológicas en los diferentes sectores productivos del país. Es en este contexto que el proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para Mitigación y Adaptación al Cambio Climático que aquí se presenta ha venido a llenar parte de ese espacio de análisis y discusión multidisciplinarios.

Este proceso ha permitido, en primer lugar, identificar áreas de trabajo prioritarias que en la mayoría de los casos abarcan más de un sector productivo. Es así como se ha decidido abordar áreas tales como la cogeneración de energía eléctrica y calor en la industria, el uso de residuos para la producción de energía, el transporte de productos agrícola-ganaderos, la mejora en tecnologías y prácticas agrícolas para reducir el uso de nitrógeno y, finalmente, el fortalecimiento de los sistemas de medición, monitoreo y gestión de datos climáticos, un área que por definición es de interés a todos los sectores económicos y productivos del país.

En segundo lugar, se han podido identificar y evaluar necesidades tecnológicas concretas que apuntan no sólo a mitigar o a adaptarse al cambio climático sino que contribuyen, también, con un desarrollo más sustentable de los diferentes sectores involucrados. Finalmente, se han identificado barreras aún existentes para el desarrollo, implementación y difusión de esas tecnologías y sugerido acciones que permitan superarlas y a las cuales se les ha dado forma de Plan de Acción.

Los resultados obtenidos servirán para establecer prioridades de este Ministerio a la hora de apoyar acciones y actividades de innovación y desarrollo tecnológico, así como también integrar acciones sugeridas para vencer barreras al desarrollo e implementación de tecnologías a diferentes programas e iniciativas que el Ministerio lleva adelante actualmente.

El proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para Mitigación y Adaptación al Cambio Climático constituye un proceso fructífero para nuestro país. Su elaboración ha sido ardua; ha implicado la labor de importantes y numerosos investigadores y tecnólogos del país, así como de personal especialmente dedicado a la coordinación de los grupos de trabajo. Deseo agradecer a todos los que han participado de una u otra manera a lo largo de su desarrollo.

***Dr. Lino Baraño***  
***Ministro de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>18</b>
<b>ASECTOS GENERALES.....</b>	<b>40</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	41
1.1. Sobre el proyecto ENT.....	41
1.2. Desarrollo de la ENT a nivel nacional .....	42
1.3. Políticas nacionales en cambio climático.....	44
2. ARREGLOS INSTITUCIONALES.....	51
2.1. Estructura ENT nacional.....	51
2.2. Involucramiento de partes interesadas.....	53
3. ANÁLISIS DE SECTORES.....	55
3.1. Criterios y resultados de la selección de sectores de la ENT.....	55
3.2. Contribución de los sectores a las emisiones de GEI.....	56
<b>REPORTES SECTORIALES.....</b>	<b>59</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	60
<b>REPORTE I SECTOR ENERGÍA. Tecnologías para la cogeneración de energía eléctrica y calor en la industria</b>	<b>61</b>
<b>SECCIÓN I: CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR Y PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS.....</b>	<b>62</b>
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA COGENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y CALOR EN LA INDUSTRIA.....	62
1.1. Parámetros técnicos de la cogeneración.....	64
2. CONTEXTO MUNDIAL, NACIONAL Y PERSPECTIVAS.....	69
2.1. Relevancia de la cogeneración en la demanda global de calor.....	70
2.2. Participación de la cogeneración en la matriz energética nacional.....	71
2.3. Perspectivas para la cogeneración en Argentina.....	78
3. SUBSECTORES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN.....	81
3.1. Selección y priorización de subsectores.....	81
3.2. Perfiles de los subsectores priorizados.....	85
3.2.1. Perfil del subsector A: Industrialización de madera.....	85
3.2.2. Perfil del subsector B: Industrialización de quesos.....	88
3.2.3. Perfil del subsector C: Industrialización de yerba mate y té.....	90
4. IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS EXISTENTES O EN DESARROLLO.....	94
4.1. Componentes principales de las plantas cogeneración.....	94
4.2. Tecnologías de Cogeneración.....	97
4.3. Costos, economía y financiamiento de plantas de cogeneración.....	118
5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS .....	122
6. EVALUACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE LA COGENERACIÓN A LA MITIGACIÓN DE GEEI.....	126
6.1. Subsector industrialización de madera.....	126
6.2. Subsector industrialización de quesos.....	131
6.3. Subsector industrialización de yerba mate y té.....	132



6.4. Síntesis de resultados de estimaciones para los subsectores y segmentos analizados.....	135
<b>7. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE COGENERACIÓN.....</b>	<b>136</b>
7.1. Metodología de análisis multicriterio de las alternativas tecnológicas.....	136
7.2. Resultados del análisis multicriterio aplicado a subsectores .....	138
7.3. Análisis global y de sensibilidad.....	140
<b>8. COMENTARIOS FINALES.....</b>	<b>143</b>
<b>9. ANEXOS SECCIÓN I.....</b>	<b>144</b>
9.1. Lista de actores involucrados .....	144
9.2. Fichas de Tecnológicas Seleccionadas .....	145
A. Sistemas de cogeneración en base a turbina de vapor.....	145
B. Sistemas de cogeneración en base a motor de combustión interna ciclo Otto.....	147
9.3 Listado de Referencias .....	150
<b>SECCIÓN II. ANÁLISIS DE BARRERAS Y MARCO FACILITADOR.....</b>	<b>156</b>
<b>10. BARRERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN.....</b>	<b>156</b>
10.1. Barreras Comunes.....	156
10.2. Relaciones causales entre barreras.....	157
10.3. Barreras específicas para la implementación de las tecnologías analizadas.....	158
<b>11. RECOMENDACIONES PARA ESTABLECER UN MARCO FACILITADOR.....</b>	<b>163</b>
<b>SECCIÓN III. PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO .....</b>	<b>164</b>
<b>12. INTRODUCCIÓN PLAN DE ACCIÓN.....</b>	<b>164</b>
<b>SECCIÓN IV. IDEA DE PROYECTO.....</b>	<b>171</b>

## **REPORTE II SECTOR TRANSPORTE. Tecnologías para mejorar la Transferencia Modal en el Transporte de Carga de Productos Agrícolas 175**

<b>SECCIÓN I: CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR Y PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS.....</b>	<b>176</b>
<b>1. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR.....</b>	<b>176</b>
<b>2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR A NIVEL MUNDIAL Y PERSPECTIVAS.....</b>	<b>178</b>
2.1. La contribución del transporte al cambio climático a nivel mundial.....	178
2.2. El paradigma emergente de transporte sustentable.....	178
2.3. Las prescripciones generales para la movilidad sustentable.....	179
2.4. La experiencia mundial en la partición modal en el transporte de cargas.....	180
<b>3. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR A NIVEL NACIONAL.....</b>	<b>182</b>
3.1. La partición modal en Argentina: una matriz modal de cargas volcada fuertemente al transporte carretero. ....	182
<b>4. SUBSECTOR TRANSPORTE: TRANSFERENCIA MODAL EN LOS PRODUCTOS DE LA AGRICULTURA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS.....</b>	<b>184</b>
4.1. Perfil del Sector transferencia modal en los productos de la agricultura.....	184
4.2. Selección de productos para la implementación de medidas.....	188
4.3. Análisis de las cadenas logísticas agrícolas.....	190
4.4. Caracterización del Sistema Ferroviario Argentino de Cargas.....	202
4.5. El Transporte de Ferroviario de Productos Agrícolas.....	204
<b>5. EVALUACIÓN: COSTOS Y MITIGACIÓN DE GEI DE LA OPCIÓN TECNOLÓGICA SELECCIONADA...</b>	<b>209</b>
5.1. Estimación de los costos de inversión para la implementación de la tecnología.....	209
5.2. Estimación de beneficios económicos y ambientales por implementación de la tecnología.....	213
5.3. Síntesis de la propuesta de transferencia modal de cereales y oleaginosas.....	217
<b>6. PROCESO DE PRIORIZACION DE TECNOLOGÍAS.....</b>	<b>219</b>
6.1. Mapeo de los actores, rueda de consultas y procesamiento de las opiniones.....	219
6.2. Evaluación de posibles cambios en el empleo dentro del sector.....	220

6.3. Análisis de mercado potencial para la inserción de las tecnologías.....	222
6.4. Análisis multicriterio de las alternativas tecnológicas.....	222
7. COMENTARIOS FINALES.....	227
8. ANEXOS SECCIÓN I .....	228
8.1. Lista de actores involucrados .....	228
8.2. Ficha de Tecnología Seleccionada .....	229
8.3 Listado de Referencias .....	234
<b>SECCIÓN II. ANÁLISIS DE BARRERAS Y MARCO FACILITADOR.....</b>	<b>235</b>
9. BARRERAS PARA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN EL SECTOR.....	235
9.1. Barreras tecnológicas.....	235
9.2. Barreras Regulatorias.....	236
9.3. Análisis de barreras económicas, técnicas, institucionales, sociales y ambientales.....	237
10. RECOMENDACIONES PARA ESTABLECER UN MARCO FACILITADOR.....	239
10.1. Identificación de prioridades.....	239
10.2. Propuesta de una agenda de actuación.....	239
<b>SECCIÓN III. PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO.....</b>	<b>240</b>
11. INTRODUCCIÓN PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO.....	240
<b>SECCIÓN IV. IDEA DE PROYECTO.....</b>	<b>247</b>
<b>REPORTE III SECTOR RESIDUOS. Tecnologías para el aprovechamiento energético de residuos urbanos y de los sectores agrícola, ganadero y agroindustrial</b>	<b>251</b>
<b>SECCIÓN I: CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR Y PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS.....</b>	<b>252</b>
1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR A NIVEL NACIONAL.....	252
1.1. Residuos Sólidos Urbanos.....	252
1.1.1. Políticas nacionales sobre Residuos Sólidos Urbanos.....	256
1.2. Residuos Agropecuarios.....	264
1.3. Efluentes industriales y domiciliarios.....	267
2. IDENTIFICACIÓN GLOBAL DE TECNOLOGÍAS EXISTENTES.....	272
2.1. Tecnologías para la producción de energía a partir de RSU.....	272
2.2. Tecnologías para la producción de biogás a partir de residuos y efluentes de la agroindustria (láctea, citrícola, frigoríficos, cría de animales).....	283
2.3. Tecnologías purificación y el enriquecimiento energético de biogás. Producción de biometano.....	288
3. IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS EXISTENTES O EN DESARROLLO .....	297
3.1. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de GRS.....	297
3.2. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de la combustión de RSU.....	299
3.3. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de biodigestión anaeróbica.....	299
3.4. Producción de biometano.....	301
4. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS.....	302
4.1. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de GRS.....	302
4.2. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de la combustión de RSU.....	309
4.3. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de la biodigestión anaeróbica de los efluentes industriales.....	312
4.4. Producción de biometano.....	316
5. ANALISIS DE MERCADO POTENCIAL PARA LA INSERCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS.....	318
5.1. Mapeo de mercado.....	318
5.1.1. Tecnología para la captura de GRS con producción de energético de GRS.....	318

5.1.2. Tecnologías para la combustión de RSU con producción de energía.....	321
5.1.3. Biodigestión anaeróbica y producción de energía (bioenergía).....	323
6. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS.....	325
6.1. Metodología.....	325
6.2. Resultados.....	329
6.3. Análisis de los resultados obtenidos.....	335
7. COMENTARIOS FINALES.....	338
8. ANEXOS SECCIÓN I .....	339
8.1. Lista de actores involucrados .....	339
8.2. Ficha de Tecnologías Seleccionadas.....	340
A. Captura de biogás en rellenos sanitarios para la producción de electricidad.....	340
B. Biodigestión anaeróbica con generación de electricidad.....	342
8.3 Listado de Referencias .....	345
<b>SECCIÓN II. ANÁLISIS DE BARRERAS Y MARCO FACILITADOR.....</b>	<b>348</b>
9. IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS .....	348
9.1. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de GRS.....	348
9.2. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de la combustión de RSU.....	355
9.3. Producción de electricidad y/o energía térmica. Biodigestión anaeróbica de efluentes.....	362
9.4. Producción de biometano.....	368
9.5. Jerarquía entre barreras.....	372
10. RECOMENDACIONES PARA ESTABLECER UN MARCO FACILITADOR.....	374
10.1. Aspectos normativos.....	374
10.2. Aspectos económico-institucionales.....	374
10.3. Aspectos sociales.....	375
<b>SECCIÓN III. PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO.....</b>	<b>376</b>
11. INTRODUCCIÓN PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO.....	376
<b>SECCIÓN IV. IDEA DE PROYECTO.....</b>	<b>382</b>
<b>REPORTE IV SECTOR AGRICULTURA. Tecnologías para optimizar el uso del Nitrógeno</b>	<b>386</b>
<b>en las actividades agrícolas-ganaderas</b>	
<b>SECCIÓN I: CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR Y PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS.....</b>	<b>387</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	387
2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR EN ARGENTINA.....	389
2.1. Agricultura .....	389
2.2. Ganadería .....	390
3. SITUACIÓN ACTUAL DE EMISIONES EN EL SECTOR AGRÍCOLA EN ARGENTINA (INVENTARIO DE GEI 2000).....	396
3.1. Fuentes de emisión de N en Agricultura y Ganadería.....	396
3.2. Emisiones de N <sub>2</sub> O por subsectores agrícola-ganadero. Segunda Comunicación Nacional, utilizando Directrices de IPCC (1996).....	397
3.3. Re-cálculo de las emisiones de N <sub>2</sub> O por “Uso de Suelos Agrícolas” según metodología IPCC 2006.....	400
3.4. Resumen Comparativa N <sub>2</sub> O entre Metodologías IPCC 1996 y 2006.....	403
3.5. Evolución de las emisiones 1990/2011 (Metodología IPCC 2006) .....	404
4. INVESTIGACIÓN DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN DE OXIDO NITROSO.....	411
5. IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS EXISTENTES O EN DESARROLLO .....	413
5.1. Tecnologías aplicables en Sistemas Agrícolas. ....	413
5.1.1. Fuente de N (Reemplazo por fuentes menos volátiles). ....	414
5.1.2. Inhibidores de liberación de N.....	416

5.1.3. Tecnologías de Aplicación.....	419
5.1.4. Uso de factores de crecimiento y mejoradores de la fijación biológica de Nitrógeno en leguminosas.....	426
5.1.5. Uso de promotores de crecimiento y fijadores biológicos en gramíneas.....	427
5.1.6. Rotaciones de cultivo y aporte de los cultivos en la rotación.....	429
5.1.7. Síntesis Tecnologías aplicables a sistemas agrícolas.....	432
5.2. Tecnologías Aplicables a Sistemas de Ganadería Bovina.....	434
5.2.1. La eficiencia de los sistemas de producción de carne bovina.....	434
5.2.2. Adopción de tecnologías en los sistemas ganaderos actuales.....	434
5.2.3. Impacto de la eficiencia productiva sobre la energía y el nitrógeno.....	438
5.2.4. Evolución de los sistemas ganaderos al 2020.....	440
5.3. Modelos y software informático para la optimización del uso del Nitrógeno en las actividades agrícolas-ganaderas. ....	450
5.3.1. Validación y desarrollo de Sistemas soporte de decisiones para minimizar el riesgo de pérdidas de N por lixiviación y escurrimiento superficial.....	450
5.3.2. Capacitación y validación de Modelos de Crecimiento de Cultivo para la optimización del manejo de la fertilización nitrogenada.....	450
5.3.3. Capacitación en el uso de Sistemas de Información georreferenciada para el manejo por ambientes o sitio específico.....	451
5.3.4. Sistemas de soporte de decisión para la actividad ganadera.....	452
6. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS.....	453
6.1. Sistemas Productivos Agrícolas.....	453
6.1.1. Definición de la “Línea de Base”.....	454
6.1.2. Evaluación de las Emisiones de las Tecnologías Propuestas.....	456
6.2. Sistemas Productivos Ganaderos.....	458
6.2.1. Definición de la “Línea de Base” .....	459
6.2.2. Evaluación de las Emisiones de las Tecnologías Propuestas.....	460
7. ANALISIS DE MERCADO POTENCIAL PARA LA INSERCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS.....	463
7.1. Agricultura.....	463
7.2. Ganadería.....	465
8. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS.....	466
8.1. Metodología.....	466
8.2. Análisis de los resultados obtenidos.....	470
8.2.1. Agricultura.....	470
8.2.2. Ganadería.....	471
9. COMENTARIOS FINALES.....	473
10. ANEXOS SECCIÓN I .....	476
10.1. Lista de actores involucrados .....	476
10.2. Ficha de Tecnología Seleccionada .....	477
A. Inhibidores de la Volatilización de Urea.....	477
B. Fijadores Libres de N.....	479
10.3 Listado de Referencias .....	482
<b>SECCIÓN II. ANÁLISIS DE BARRERAS Y MARCO FACILITADOR.....</b>	<b>488</b>
11. IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS EN EL SECTOR NITROGENO EN LA AGRICULTURA	488
11.1. Barreras a la Investigación aplicada a la determinación de los Factores locales de emisión de Oxido Nitroso.....	488
11.2. Barrera para la implementación de Tecnologías Agrícolas.....	488
11.3. Barrera para la implementación de Tecnologías en Ganadería.....	494

12. RECOMENDACIONES PARA ESTABLECER UN MARCO FACILITADOR.....	497
12.1. Sistemas nacionales de innovación y fortalecimiento de capacidades humanas e institucionales.....	497
12.2 Marco legal y de política macroeconómica.....	498
<b>SECCIÓN III. PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO.....</b>	<b>500</b>
11. INTRODUCCIÓN PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO.....	500
<b>SECCIÓN IV. IDEA DE PROYECTO.....</b>	<b>508</b>
ANEXO I: ANEXO I: Vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climático en Argentina.....	511
ANEXO II: Estructura Estrategia Nacional en Cambio Climático.....	515

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

---

### FIGURAS

FIGURA 1.1. ESTRUCTURA INSTITUCIONAL ENT INTERNACIONAL Y NACIONAL.....	43
FIGURA 1.2. ESTRUCTURA ENT NACIONAL ENT.....	51
FIGURA 1.3. PARTICIPACIÓN DE LOS DIVERSOS SECTORES EN LAS EMISIONES DE GEI (INCLUYENDO SECTOR USCUS). AÑOS 2000 (SCN), AÑO 2005 Y PROYECCIONES 2030 (FB) .....	57
FIGURA 2.1. PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE LA COGENERACIÓN EN LA MATRIZ ENERGÉTICA DE ALGUNOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA EN 2009.....	69
FIGURA 2.2. CONSUMO GLOBAL DE ENERGÍA FINAL TOTAL POR SECTOR.....	70
FIGURA 2.3. PARTICIPACIÓN DE LA COGENERACIÓN EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PERÍODO AGOSTO 2010 - SETIEMBRE 2011.....	72
FIGURA 2.4 EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL PAÍS POR FUENTE DE ENERGÍA PRIMARIA.....	72
FIGURA 2.5. POTENCIA INSTALADA (EN MW).....	73
FIGURA 2.6. POTENCIA INSTALADA DE AGENTES AUTOGENERADORES.....	76
FIGURA 2.7. ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA POR AGENTES AUTOGENERADORES.....	76
FIGURA 2.8. EVOLUCIÓN MENSUAL DE ENERGÍA COGENERADA PARA AUTOCONSUMO Y AUTOGENERADA. EN MWH, DESDE 2008 A SETIEMBRE DE 2011.....	77
FIGURA 2.9 EVOLUCIÓN ANUAL DE LA ENERGÍA COGENERADA PARA AUTOCONSUMO Y AUTOGENERADA. EN MWH, DESDE 2008 -SETIEMBRE 2011.....	77

FIGURA 2.10 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR SECTOR. EN GWH, PARA 2016.....	78
FIGURA 2.11. POTENCIAL DE COGENERACIÓN PARA SUBSECTORES INDUSTRIALES DE ENVERGADURA SÓLO PARA SISTEMAS DE CICLO TURBOVAPOR.....	79
FIGURA 2.12. POTENCIA COGENERADA ESTIMADA EN MW POR SUBSECTOR INDUSTRIAL.....	80
FIGURA 2.13. RELEVANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA NACIONAL.....	83
FIGURA 2.14. ESQUEMA PRODUCTIVO DE LA CADENA FORESTO-INDUSTRIAL.....	86
FIGURA 2.15. DISTRIBUCIÓN DE EMPRESAS DE LA INDUSTRIA MADERERA POR RANGO DE FACTURACIÓN ANUAL.....	86
FIGURA 2.16. ESQUEMA PRODUCTIVO DE LA CADENA LÁCTEA.....	88
FIGURA 2.17. DISTRIBUCIÓN DE EMPRESAS LÁCTEAS POR ESTRATO, SEGÚN RECEPCIÓN DIARIA PROMEDIO.....	89
FIGURA 2.18. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE QUESOS. EN TONELADAS. PERÍODO 2003-2010.....	89
FIGURA 2.19. ESQUEMA DE LA CADENA PRODUCTIVA DE YERBA MATE.....	91
FIGURA 2.20. ESQUEMA DE LA CADENA PRODUCTIVA DE TÉ NEGRO.....	93
FIGURA 2.21. TECNOLOGÍAS ANALIZADAS.....	94
<b>FIGURA 2.22. PRINCIPALES COMPONENTES DE LAS PLANTAS DE COGENERACIÓN.....</b>	<b>94</b>
<b>FIGURA 2.23. SISTEMAS DE CICLO DE COLA.....</b>	<b>95</b>
<b>FIGURA 2.24. SISTEMAS DE CICLO DE CABEZA.....</b>	<b>96</b>
<b>FIGURA 2.25. CALDERA DE VAPOR CON TURBINA DE VAPOR.....</b>	<b>97</b>
FIGURA 2.26. TURBINA DE VAPOR DE: (A) EXTRACCIÓN; (B) CONTRAPRESIÓN.....	98
FIGURA 2.27. TURBINA DE GAS O MOTOR CON UNIDAD RECUPERACIÓN DE CALOR.....	102
FIGURA 2.28. CICLO DE CHENG.....	105
FIGURA 2.29. SISTEMA DE COGENERACIÓN EN BASE A UNA MICROTURBINA DE EJE ÚNICO.....	108
FIGURA 2.30 PROCESO ELECTROQUÍMICO EN UNA CELDA DE COMBUSTIBLE.....	114
FIGURA 2.31. TECNOLOGÍAS PRIORIZADAS.....	122
FIGURA 2.32. FLUJO DE CAJA A 20 AÑOS PARA UN SISTEMA DE COGENERACIÓN BASADO EN TURBINA DE VAPOR DE 0.5 MW.....	141
FIGURA 2.33. FLUJO DE CAJA A 20 AÑOS PARA UN SISTEMA DE COGENERACIÓN BASADO EN TURBINA DE VAPOR DE 1 MW.....	141
FIGURA 2.34. FLUJO DE CAJA A 20 AÑOS PARA UN SISTEMA DE COGENERACIÓN BASADO EN TURBINA DE VAPOR DE 3 MW.....	142
FIGURA 2.35. DIAGRAMA DE ÁRBOL REPRESENTANDO LAS RELACIONES CAUSALES DE LAS PRINCIPALES BARRERAS.....	158
FIGURA 2.36. FLUJO DE FONDOS PROYECTO COGENERACIÓN.....	173
FIGURA 3.1. EVOLUCIÓN DE LAS CARGAS FERROVIARIAS POR MODO DE TRANSPORTE (1993-2010).....	182
FIGURA 3.2. EVOLUCIÓN DE LA CARGA FERROVIARIA 1965-2010.....	183
FIGURA 3.3. SOJA -PRODUCCIÓN Y PRECIO PUERTO DE ROSARIO- BS. AS., CÓRDOBA Y SANTA FE ..	185
FIGURA 3.4. SOJA -PRODUCCIÓN Y PRECIO PUERTO DE ROSARIO-SALTA,TUCUMÁN,STGO. DEL ESTERO Y RESTO NOA.....	185
FIGURA 3.5. ACEITE DE SOJA -PRODUCCIÓN Y PRECIO PUERTO DE ROSARIO- BS. AS., CÓRDOBA Y SANTA FE.....	186
FIGURA 3.6. EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE GRANOS.....	188
FIGURA 3.7. DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL: SOJA.....	190

FIGURA 3.8. CRECIMIENTO EN LOS VOLÚMENES DE EXPORTACIÓN DE LA CADENA OLEAGINOSA 1997-2007 – TOTAL MUNDIAL Y ARGENTINA.....	191
FIGURA 3.9. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA OLEAGINOSA – PRINCIPALES ETAPAS.....	192
FIGURA 3.10. EVOLUCIÓN DEL ÁREA CULTIVADA DE SOJA, MAÍZ Y TRIGO 1970-2006.....	193
<b>FIGURA 3.11. ESLABONES Y MEDIOS DE TRANSPORTE UTILIZADOS EN LA CADENA OLEAGINOSA.....</b>	<b>197</b>
.....	
FIGURA 3.12. MAPA DE LA RED FERROVIARIA ARGENTINA.....	202
FIGURA 3.13 ARGENTINA COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO FERROVIARIO DE CARGAS Y DISTANCIA MEDIA POR PRODUCTO.....	203
FIGURA 3.14 TRÁFICO DE CARGAS. 1986-2008 (EN MILLONES DE TONELADAS.....	204
FIGURA 3.15. ANÁLISIS FODA DE LA TRANSFERENCIA MODAL DE GRANOS.....	222
FIGURA 3.16. PROYECTO CIRCUNVALAR ROSARIO.....	250
FIGURA 4.1. GENERACIÓN DE RSU. ....	253
FIGURA 4.2.VARIACIÓN DE LA TASA DE GENERACIÓN DE RSU DURANTE EL AÑO 2009 POR PROVINCIA.....	253
FIGURA 4.3. DISTRIBUCIÓN DE LA GENERACIÓN DE RSU EN LOS AÑOS 2005 Y 2010 Y PROYECCIÓN AL AÑO 2015.....	254
FIGURA 4.4. BASURALES A CIELO ABIERTO (BCA) SEGÚN ÚLTIMO RELEVAMIENTO DE SEGÚN ÚLTIMO RELEVAMIENTO DE CEAMSE, AÑO 2004. ....	255
FIGURA 4.5 TRATAMIENTOS Y USOS DEL BIOGÁS.....	273
FIGURA 4.6 UTILIZACIÓN DE GRS EN CALEFACTORES INFRAROJOS (IZQ.) Y EN INVERNADEROS (CALEFACCIÓN Y LUZ, DER.).....	275
FIGURA 4.7 SISTEMA DE EVAPORACIÓN DE LIXIVIADOS Y POSTERIOR COMBUSTIÓN.....	275
FIGURA 4.8 CANTIDAD DE RESIDUOS PROCESADOS EN HOLANDA (1992-2008) .....	281
FIGURA 4.9. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES SEGÚN SU CONTENIDO DE SÓLIDOS TOTALES,.....	284
FIGURA 4.10 LAGUNA ANAERÓBICA CON CUBIERTA (IZQ.) Y CON SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE BIOGÁS (DER.).....	285
FIGURA 4.11 DIGESTORES TIPO MEZCLA COMPLETA CON MEMBRANA (IZQ.) Y MAMPOSTERÍA (DER.).....	287
FIGURA 4.12 REACTOR UASB MITSUBISHI DESARROLLADO POR PAQUES (HOLANDA).....	288
FIGURA 4.13 DETALLE DE UN SISTEMA DE MEMBRANA: ELEMENTOS ENROLLADOS EN ESPIRAL Y ENSAMBLE. FUENTE: GEANKOPLIS (1998).....	292
FIGURA 4.14. IZQ. COLOCACIÓN DE UNA UNIDAD DE MEMBRANA SEPAREX® (GENTILEZA FLARGENT S.A. ARGENTINA, DE UOP, USA). DER. MONTAJE DE UNA UNIDAD.....	293
FIGURA 4.15. PROCESO SIMPLIFICADO A PRESIÓN OSCILANTE USANDO CARBÓN ACTIVADO.....	295
FIGURA 4.16. COMPARACIÓN ENTRE EL USO DEL ESPACIO PARA UN SISTEMA DE ADSORCIÓN POR MEMBRANAS (IZQ.) Y UN PROCESO ABSORCIÓN CON AMINAS (RESTO DE LA MAGEN).....	296
FIGURA 4.17. TECNOLOGÍAS DE REMOCIÓN DE CO2.....	296
FIGURA 4.18. MITIGACIÓN DE EMISIONES DE METANO EN RELLENOS SANITARIOS POR CAPTURA Y USO DE GRS PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD SEGÚN EL ESCENARIO I.....	308
FIGURA 4.19. MITIGACIÓN DE EMISIONES DE METANO POR LA COMBUSTIÓN DE RSU Y LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD SEGÚN EL ESCENARIO I.....	311
FIGURA 4.20. MAPEO DE MERCADO PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DE GRS.....	320
FIGURA 4.21. MAPEO DE MERCADO PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD POR COMBUSTIÓN DE RSU.....	322
FIGURA 4.22 MAPEO DE MERCADO PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD POR BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA.....	324

FIGURA 4.23 VARIACIÓN DEL COSTO DE PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DE GRS PARA DIFERENTES TAMAÑOS DE PROYECTOS.....	354
FIGURA 4.24 COMPARACIÓN DE DIFERENTES USOS DE GRS A VALORES DE LA ENERGÍA EN EL MERCADO ENERGÉTICO MAYORISTA DE ARGENTINA ACTUALIZADOS AL AÑO 2012.....	355
FIGURA 4.25 CURVA DE INVERSIONES APROXIMADAS PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE INCINERACIÓN.....	359
FIGURA 4.26. EFECTO DEL CONTENIDO DE PLÁSTICOS SOBRE EL PODER CALORÍFICO DE LOS RSU.....	361
FIGURA 4.27. COSTOS DE UN SISTEMA DE BIODIGESTOR DE MEMBRANA CON CAPTURA DE BIOGÁS Y GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.....	365
FIGURA 4.28. JERARQUÍA DE BARRERAS IDENTIFICADAS.....	373
FIGURA 5.1. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GIRASOL-MAÍZ-SOJA-TRIGO.....	389
FIGURA 5.2. EVOLUCIÓN DE LA FAENA EN EL PERÍODO 1914 – 2010.....	390
FIGURA 5.3. EVOLUCIÓN DEL STOCK EN EL PERÍODO 1875 – 2010.....	391
FIGURA 5.4. EVOLUCIÓN DE LA TASA DE EXTRACCIÓN. ....	392
FIGURA 5.5. TASA DE EXTRACCIÓN PROMEDIO 2005 – 2010 DE CINCO PAÍSES SELECCIONADOS. ....	392
FIGURA 5.6.EVOLUCIÓN DE LA TASA DE DESTETE. ....	393
FIGURA 5.7. RELACIÓN ENTRE EL STOCK DE TERNEROS Y DE VACAS EN EL AÑO ANTERIOR, PARA EL PROMEDIO 2005 – 2010 DE CUATRO PAÍSES SELECCIONADOS. ....	393
FIGURA 5.8. PESO DE CARCASA PROMEDIO 2005 – 2010 DE CINCO PAÍSES SELECCIONADOS.....	394
FIGURA 5.9. PESO DE CARCASA PROMEDIO 2005 – 2010 DE TOROS Y VACAS EN ARGENTINA Y EEUU.....	395
FIGURA 5.10. EMISIONES GEIS ARGENTINA AÑO 2000 X SECTOR.....	398
FIGURA 5.11. EMISIONES POR SUB-CATEGORÍA INCLUIDAS EN “USO DE SUELOS AGRÍCOLAS”.....	399
FIGURA 5.12. EVOLUCIÓN SUPERFICIE COSECHADA POR CULTIVO 1969/2011.....	406
FIGURA 5.13. EVOLUCIÓN EMISIONES VS. PRODUCCIÓN GIRASOL-MAÍZ-SOJA Y TRIGO (1990/2011) .....	407
FIGURA 5.14. REGIONALIZACIÓN GANADERA.....	408
FIGURA 5.15. EVOLUCIÓN EMISIONES VS. FAENA (2003/2011) .....	409
FIGURA 5.16. INCREMENTO RELATIVO EN LAS PÉRDIDAS DE N EN FORMA DE NH <sub>3</sub> , CON RELACIÓN AL TESTIGO NO FERTILIZADO, AL NOVENO DÍA DESDE LA APLICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES PARA LA LOCALIDAD DE PERGAMINO, EN EL AÑO SECO 2008/09. FUENTES, DOSIS Y USO DE INHIBIDORES DE LA VOLATILIZACIÓN DE NITRÓGENO EN MAÍZ.....	417
FIGURA 5.17. MEDICIÓN DE EMISIONES DE N EN FORMA DE NH <sub>3</sub> . INTA EEA PERGAMINO, NOVIEMBRE DE 2008.....	418
FIGURA 5.18. INCORPORACIÓN DE FERTILIZANTE ENTRE SURCOS.....	420
FIGURA 5.19. MAPA DE PROFUNDIDAD DE TOSCA DE UN LOTE DE 200 HAS UBICADO EN LA DULCE, PDO DE NECOCHEA, PROV. DE BS AS. ....	423
FIGURA 5.20. MAPA DE FERTILIZACIÓN VARIABLE CON DOSIS DE UREA (KG/HA) CALCULADA PARA RINDES OBJETIVOS DIFERENCIALES POR PROFUNDIDAD DE SUELO. ....	425
FIGURA 5.21. ADOPCIÓN TECNOLÓGICA EN LOS PLANTEOS GANADEROS DE CARNE DE ARGENTINA SEGÚN ESCALA PRODUCTIVA.....	435
FIGURA 5.22. ADOPCIÓN DEL SERVICIO ESTACIONADO SEGÚN ESCALA PRODUCTIVA Y FRECUENCIA DE LA ESCALA PRODUCTIVA. ....	436
FIGURA 5.23. ADOPCIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE PREÑEZ POR PALPACIÓN RECTAL SEGÚN ESCALA PRODUCTIVA Y FRECUENCIA DE LA ESCALA PRODUCTIVA. ....	436
FIGURA 5.24. ADOPCIÓN DEL SERVICIO ESTACIONADO SEGÚN ESCALA PRODUCTIVA Y PROVINCIA.....	437
FIGURA 5.25. EVOLUCIÓN DEL STOCK BOVINO Y EL ÁREA CON LOS PRINCIPALES CULTIVOS DE	441



VERANO.....	
FIGURA 5.26. EVOLUCIÓN DEL ÁREA CON CULTIVOS DE VERANO PARA CUATRO REGIONES PRODUCTIVAS.....	441
FIGURA 5.27. EVOLUCIÓN DE LA FRACCIÓN DEL STOCK BOVINO POR PROVINCIA ENTRE 1960 Y 2010. UNIDAD DE I+D.....	442
FIGURA 5.28. EVOLUCIÓN DEL PORCENTAJE DE VIENTRES REGIONAL PARA 4 REGIONES PRODUCTIVAS Y LA TENDENCIA ANUAL.....	442
FIGURA 5.29. CANTIDAD DE BOVINOS EN ENGORDE A CORRAL POR PROVINCIA. ....	444
FIGURA 5.30. PROMEDIO MENSUAL DE EXISTENCIAS EN ESTABLECIMIENTOS DE CORRAL. 2011 INCLUYE SOLAMENTE LOS VALORES DE ENERO.....	444
FIGURA 5.31. EVOLUCIÓN DEL PESO MEDIO DE CARCASA DE ARGENTINA, EEUU Y AUSTRALIA.....	446
FIGURA 5.32. NITRÓGENO EXCRETADO POR UNIDAD DE PRODUCTO (KG PV O CABEZA DE TERNERO DESTETADO) EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE DESTETE DEL RODEO DE CRÍA.....	447
FIGURA 5.33. EMISIONES LÍNEA DE BASE PRODUCCIÓN GIRASOL-MAÍZ-SOJA Y TRIGO (2012-2021) .....	455
FIGURA 5.34. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES Y FAENA 2012-2020 PARA LA LÍNEA DE BASE.....	460
FIGURA 5.35. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES Y FAENA 2012-2020 PARA EL ESCENARIO MEJORADO.....	461
FIGURA 5.36. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES POR KG. EQUIVALENTE DE RES CON HUESO FAENADO 2003-2020.....	462

## TABLAS

TABLA R.E. 1.1. ESTRUCTURA DEL INFORME ENT ARGENTINA .....	20
TABLA R.E. 1.2. SECTORES Y SUBSECTORES ANALIZADOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN EN PYMES.....	21
TABLA R.E. 1.3. INVERSIONES TECNOLÓGICAS NECESARIAS. TRANSFERENCIA MODAL DE CEREALES Y OLEAGINOSAS DEL CAMIÓN AL FERROCARRIL.....	26
TABLA 1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO ENT.....	41
TABLA 1.2. EJES DE ACCIÓN ESTRATEGIA NACIONAL EN CAMBIO CLIMÁTICO.....	46
TABLA 1.3. PLANES Y PROGRAMAS SECTORIALES CONSIDERADOS EN LA ENT.....	49
TABLA 1.4. LISTADO DE INSTITUCIONES QUE CONFORMAN EL EQUIPO ENT.....	52
TABLA 1.5. EQUIPO DE CONSULTORES.....	53
TABLA 1.6. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SECTORES PRIORITARIOS PARA LA ENT.....	55
TABLA 1.7. SECTORES Y SUBSECTORES SELECCIONADOS.....	55
TABLA 1.8. PORCENTAJE DE EMISIONES POR CATEGORÍA. AÑO 2005 Y PROYECCIONES 2030.....	58
TABLA 2.1. ATRIBUTOS DE LA COGENERACIÓN.....	63
TABLA 2.2. POTENCIA DE COGENERACIÓN INSTALADA EN ALGUNOS PAÍSES.....	70
TABLA 2.3. PLAN ESTRATÉGICO INDUSTRIAL ARGENTINA 2020.....	82
TABLA 2.4. PRINCIPALES INDICADORES DE LA CADENA LÁCTEA.....	90
TABLA 2.5. PRINCIPALES INDICADORES PARA EL COMPLEJO YERBATERO.....	91
TABLA 2.6. COMPARACIÓN DE CAPACIDADES Y EFICIENCIAS PARA UNA TURBINA DE GAS Y DISTINTAS CONFIGURACIONES.....	106
TABLA 2.7. CARACTERÍSTICAS DE DISTINTOS TIPOS DE CELDAS DE COMBUSTIBLE.....	116
TABLA 2.8. CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS.....	120
TABLA 2.9. SÍNTESIS COMPARATIVA DE LAS TECNOLOGÍAS IDENTIFICADAS.....	124
TABLA 2.10. PRODUCCIÓN ANUAL EN M <sup>3</sup> POR SEGMENTO.....	126

TABLA 2.11. CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y CALOR POR M <sup>3</sup> DE PRODUCTO TERMINADO.....	127
TABLA 2.12. CONSUMOS ANUALES DE CALOR Y ELECTRICIDAD POR SEGMENTO.....	127
TABLA 2.13. FACTORES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> DE DISTINTAS FUENTES ENERGÉTICAS.....	128
TABLA 2.14. EMISIONES TOTALES POR SEGMENTO – ESCENARIO BASE .....	129
TABLA 2.15. EMISIONES POR SEGMENTO APLICANDO TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN.....	130
TABLA 2.16. MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GEI APLICANDO TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN	130
TABLA 2.17. CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA Y ELÉCTRICA EN LA ELABORACIÓN DE QUESOS.....	131
TABLA 2.18. EMISIONES DE CO2 DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE QUESOS.....	132
TABLA 2.19. MITIGACIÓN DE GEI APLICANDO COGENERACIÓN. COMPARACIÓN ENTRE GAS NATURAL Y BIOMASA COMO FUENTES DE ENERGÍA PRIMARIA.....	132
TABLA 2.20 REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA POR TONELADA DE YERBA MATE PRODUCIDA.....	133
TABLA 2.21 ENERGÍA CONSUMIDA Y EMISIONES DEL SUBSECTOR YERBA MATE-ESCENARIO DE BASE.....	133
TABLA 2.22. ENERGÍA COGENERADA Y MITIGACIÓN DE EMISIONES DEL SUBSECTOR YERBA MATE EMPLEANDO BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGÍA PRIMARIA.....	134
TABLA 2.23. ENERGÍA CONSUMIDA Y EMISIONES DEL SUBSECTOR TÉ - ESCENARIO DE BASE.....	134
TABLA 2.24.. ESTIMACIONES PARA LOS SECADEROS DE TÉ POR ADOPCIÓN.....	135
TABLA 2.25. ESTIMACIONES PARA TODOS LOS SUBSECTORES Y SEGMENTOS ANALIZADOS.....	135
TABLA 2.26. FUNDAMENTOS PARA LA PONDERACIÓN. MATRIZ MULTICRITERIO .....	136
TABLA 2.27. MATRIZ MULTICRITERIO PARA LAS TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN IDENTIFICADAS.....	137
TABLA 2.28. PLAN DE ACCIÓN PARA EL SECTOR DE COGENERACIÓN EN LA INDUSTRIA.....	165
TABLA 2.29. CRONOGRAMA DE UN PROYECTO DE COGENERACIÓN BASADO EN TURBINA DE VAPOR.....	172
TABLA 3.1. SEGMENTOS DEL SECTOR TRANSPORTE.....	176
TABLA 3.2. AMÉRICA DEL SUR- PRINCIPALES SISTEMAS. TRÁFICO FERROVIARIO DE CARGAS. 1999- 2008.....	181
TABLA 3.3. COMPLEJOS PRODUCTIVOS Y FLUJOS DE TRANSPORTE ASOCIADOS.....	189
TABLA 3.4. CAPACIDAD DE ACOPIO EN TONELADAS, SEGÚN TIPO DE ACTOR (2007).....	195
TABLA 3.5. MODALIDAD DE CONTRATACIÓN DE TRANSPORTE, SEGÚN TIPO DE ACTOR.....	198
TABLA 3.6. DISPONIBILIDAD DE ACCESO FERROVIARIO A PLANTAS DE ACOPIO, POR PROVINCIA (2003) .....	199
TABLA3.7. TIPO DE ACCESO VIAL A PLANTAS DE ACOPIO REGISTRADAS, POR PROVINCIA (2003)....	200
TABLA 3.8. PARTICIPACIÓN DEL FINANCIAMIENTO PÚBLICO Y PRIVADO EN LA CONSOLIDACIÓN DEL TRANSPORTE FERROVIARIO DE GRANOS.....	208
TABLA 3.9. ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA INCREMENTAR EN 25 MILLONES DE TONELADAS EL TRANSPORTE FERROVIARIO.....	211
TABLA 3.10. RESÚMEN DE INVERSIONES ESTRICTAMENTE FERROVIARIAS PARA INCREMENTAR EN 25 MILLONES DE TONELADAS EL TRANSPORTE FERROVIARIO.....	212
TABLA 3.11. COSTOS DE TRANSPORTE POR MODO.....	214
TABLA 3.12. FACTORES DE INTENSIDAD DE EMISIÓN DEL TRANSPORTE CARRETERO Y FERROVIARIO.....	215
TABLA 3.13. CÁLCULO DE EMISIONES POR MODO.....	215
TABLA 3.14. CÁLCULO DE EMISIONES POR MODO. ESTIMACIÓN DEL COSTO AMBIENTAL POR REDUCCIÓN DE EMISIONES.....	216
TABLA 3.15. SÍNTESIS DE LA PROPUESTA DEL CAMIÓN AL FERROCARRIL.....	217
TABLA 3.16. PRINCIPALES ACTORES INICIALMENTE IDENTIFICADOS.....	219
TABLA 3.17. ACTORES DE LA CADENA AGROPECUARIA Y LOGÍSTICA.....	220
TABLA 3.18. ESTIMACIÓN DEL INCREMENTO DEL EMPLEO EN UN OPERADOR FERROVIARIO	

REPRESENTATIVO DE ARGENTINA AL AUMENTAR EL TRÁFICO EN 190%.....	221
TABLA 3.19. TRÁFICO FERROVIARIO TOTAL (EN MILLONES DE TONELADAS).....	224
TABLA 3.20. MATRIZ MULTICRITERIO.....	225
TABLA 3.21. MATRIZ DE IMPACTOS DE LA TRANSFERENCIA MODAL DE GRANOS Y RSU.....	226
TABLA 3.22. BENEFICIOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES ESPERADOS.....	231
TABLA 3.23. BENEFICIOS DE MITIGACIÓN.....	231
TABLA 3.24. COSTOS DE REHABILITACIONES DE VÍAS BAJO DISTINTOS PESOS POR EJE (EN PESOS AL 31 DE DICIEMBRE DE 2011. 1 US\$= 4,32 ARG\$).....	233
TABLA 3.25. BARRERAS TÉCNICAS, SOCIALES, ECONÓMICAS Y AMBIENTALES.....	238
TABLA 3.26. PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO PARA EL SECTOR TRANSPORTE.....	241
Tabla 3.27. RESÚMEN DE INVERSIONES ESTRICTAMENTE FERROVIARIAS PARA INCREMENTAR EN 25 MILLONES DE TONELADAS EL TRANSPORTE FERROVIARIO.....	249
TABLA 3.28. PARTICIPACIÓN DEL FINANCIAMIENTO PÚBLICO Y PRIVADO EN LA CONSOLIDACIÓN DEL TRANSPORTE FERROVIARIO DE GRANOS.....	249
TABLA 4.1. TIPOS DE DISPOSICIÓN FINAL RSU. POR RANGOS POBLACIONALES.....	255
TABLA 4.2. COSTOS DE CAPITAL Y DE O&M PARA DIFERENTES TECNOLOGÍAS.....	277
TABLA 4.3. INSTALACIONES DE WTE EN EL MUNDO Y CANTIDAD DE RSU PROCESADOS.....	282
TABLA 4.4 COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ENRIQUECIMIENTO ENERGÉTICO DE BIOGÁS.....	296
TABLA 4.5 PROYECTOS IMPLEMENTADOS DE CAPTURA Y UTILIZACIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE EFLUENTES AGRO-INDUSTRIALES.....	300
TABLA 4.6 COMPOSICIÓN DE RSU Y TASA DE DEGRADABILIDAD.....	303
TABLA 4.7 TASA DE GENERACIÓN DE RSU.....	303
TABLA 4.8 RELLENOS SANITARIOS CON CAPTURA ACTUAL Y POTENCIAL DE BIOGÁS (ESCENARIO I)...	304
TABLA 4.9. GENERACIÓN DE RSU SEGÚN ESCENARIO II.....	304
TABLA 4.10. POTENCIAL DE MITIGACIÓN POR EL USO DE GRS PARA EL PERÍODO 2010-2020.....	306
TABLA 4.11 COMPARACIÓN DEL ESCENARIO DE MITIGACIÓN RESPECTO A DIFERENTES MODELOS DE ESTIMACIÓN DEL BAU EN TCO <sub>2</sub> E (EN GG CH <sub>4</sub> ) .....	308
TABLA 4.12 PODER CALORÍFICO DE LOS RSU.....	309
TABLA 4.13. POTENCIAL DE MITIGACIÓN (TCO <sub>2</sub> /AÑO) POR LA COMBUSTIÓN DE RSU PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA O ELÉCTRICA (PROMEDIO 2010-2030).....	311
TABLA 4.14 DATOS PARA ESTIMAR LA GENERACIÓN DE METANO EN SISTEMAS CONFINADOS DE CRÍA INTENSIVA.....	314
TABLA 4.15 POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE METANO Y SU EQUIVALENTE EN ENERGÍA TÉRMICA Y ELÉCTRICA A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES (PROMEDIO A PARTIR DE LAS PRODUCCIONES 2000-2010) .....	315
TABLA 4. 16. POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA (PROMEDIOS ANUALES TCO <sub>2</sub> /AÑO). .....	315
TABLA 4.17. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LAS TECNOLOGÍAS EVALUADAS PARA EL TRATAMIENTO DE RSU.....	330
TABLA 4. 18. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LAS TECNOLOGÍAS EVALUADAS PARA EL TRATAMIENTO DE RSU (STAKEHOLDER 1, EMPRESA OPERADORA DE RELLENOS SANITARIOS) .....	331
TABLA 4.19 ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LAS TECNOLOGÍAS EVALUADAS PARA EL TRATAMIENTO DE RSU (ELABORACIÓN STAKEHOLDER 2, EMPRESA PRODUCTORA DE BIENES) .....	332
TABLA 4.20. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LAS TECNOLOGÍAS EVALUADAS PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES POR BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA.....	333
TABLA 4.21 ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LAS TECNOLOGÍAS EVALUADAS PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES POR BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA (STAKEHOLDER 3, EMPRESA PRODUCTORA DE BIENES) .....	334

TABLA 4.22. PLAN DE ACCION TECNOLÓGICO.....	377
TABLA 4.23. CRONOGRAMA PREELIMINAR DE ACTIVIDADES IDEA DE PROYECTO.....	383
TABLA 4.24. ROLES Y RESPONSABLES. IDEA DE PROYECTO.....	384
TABLA 5.1. COMPARATIVA FUENTES DE EMISIÓN METODOLOGÍAS IPCC 1996/2006.....	397
TABLA 5.2. EMISIONES POR FUENTE.....	398
TABLA 5.3. EMISIONES POR SUB-CATEGORÍA INCLUIDAS EN “USO DE SUELOS AGRÍCOLAS” .....	399
TABLA 5.4. VALORES POR DEFAULT PARA APORTES DE N SEGÚN METODOLOGÍAS IPCC 1996/2006. ....	402
TABLA 5.5. VALORES POR DEFAULT PARA ESTIMACIÓN DE EMISIONES POR LIXIVIACIÓN SEGÚN METODOLOGÍAS IPCC 1996/2006.....	402
TABLA 5.6. COMPARATIVA METODOLOGÍAS IPCC 1996 Y 2006 PARA ESTIMACIÓN N <sub>2</sub> O.....	404
TABLA 5.7. EVOLUCIÓN DE STOCKS POR CATEGORÍA 2003-2011.....	409
TABLA 5.8. CONSUMO DE FERTILIZANTES AL AÑO 2010.....	415
TABLA 5.9. SUPERFICIE POR RANGO DE PROFUNDIDAD EFECTIVA DE SUELO DEL LOTE DE PRODUCCIÓN.....	422
TABLA 5.10. APLICACIÓN UNIFORME (NO VARIABLE) .....	424
TABLA 5.11. APLICACIÓN VARIABLE CON RINDES OBJETIVO SEGÚN PROFUNDIDAD DE SUELO.....	424
TABLA 5.12. RENDIMIENTOS Y EMISIONES DE LOS SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN UNIFORME Y VARIABLE PARA UN CASO DE ESTUDIO DEL SUDESTE DE LA PROVINCIA DE BS AS.....	425
TABLA 5.13. EMISIONES CALCULADAS PARA LA ZONA DE PERGAMINO (N DE BS AS) EN BASE A LOS MODELOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE AACREA, EN SIEMBRA DIRECTA.....	429
TABLA 5.14. EMISIONES DE TRES ROTACIONES AGRÍCOLAS PARA PERGAMINO, PCIA DE BS AS.....	430
TABLA 5.15. APORTES DE RESIDUOS TOTALES (RASTROJO Y RAICES) EN KG. MATERIA SECA/HA PARA CULTIVOS DE LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.....	432
TABLA 5.16. APORTE DE RESIDUOS (RASTROJO Y RAÍCES) DE TRES SECUENCIAS DE CULTIVOS PARA EL NORTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, PARA UN PERÍODO DE 6 AÑOS, EXPRESADO EN KILOGRAMOS DE MATERIA SECA POR HECTÁREA.....	432
TABLA 5.17. FRACCIÓN DE LA ENERGÍA Y DEL NITRÓGENO UTILIZADO EN MANTENIMIENTO PARA DOS PLANTEOS DE CRÍA EN ARGENTINA.....	438
TABLA 5.18. FRACCIÓN DE LA ENERGÍA Y DEL NITRÓGENO UTILIZADO EN MANTENIMIENTO.....	439
TABLA 5.19. FRACCIÓN DE LA ENERGÍA Y DEL NITRÓGENO UTILIZADO EN MANTENIMIENTO PARA TRES PLANTEOS TRADICIONALES DE INVERNADA Y UN PLANTEO MEJORADO.....	446
TABLA 5.20. EXTRACCIÓN N Y P PARA LOS CULTIVOS ANALIZADOS.....	453
TABLA 5.21. COMPARATIVA DE MODELOS CREA VS MODELO DE EXTRACCIÓN.....	454
TABLA 5.22. LÍNEA DE BASE ESTIMADA AL 2020.....	455
TABLA 5.23. ESTIMACIÓN RENDIMIENTO Y SUPERFICIES - USO DE FIJADORES BIOLÓGICOS.....	457
TABLA 5.24. IMPACTOS EN EMISIONES POR CULTIVOS.....	458
TABLA 5.25. EVOLUCIÓN DE STOCKS POR CATEGORÍA 2012-2020 PARA LA LÍNEA DE BASE.....	459
TABLA 5.26. EVOLUCIÓN DE STOCKS POR CATEGORÍA 2012-2020 PARA EL ESCENARIO MEJORADO.....	461
TABLA 5.27. ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS.....	468
TABLA 5.28. ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LOS DOS GRUPOS DE TECNOLOGIAS DE PROCESOS EN GANADERÍA.....	469
TABLA. 5.29. PLAN DE ACCIÓN SECTOR AGRICOLA.....	501

Las Evaluaciones de Necesidades Tecnológicas (ENT) son parte del Programa Estratégico de Poznan sobre Transferencia de Tecnología, impulsado y acordado en 2008 en la 14ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

El Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) financia globalmente el proyecto ENT, siendo la División de Tecnología, Industria y Economía del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) la agencia de implementación, con el apoyo técnico del Risoe Centre de Dinamarca. La ENT se desarrolla en aproximadamente 36 países, entre los cuales se encuentra la Argentina.

El propósito del proyecto ENT es apoyar a los países a identificar y analizar las necesidades prioritarias de tecnologías en mitigación y adaptación al cambio climático, incluyendo tecnologías blandas y duras, e identificar las principales barreras para su desarrollo, transferencia, implementación y difusión, así como establecer un Plan de Acción Tecnológico (PAT) con objetivos y medidas que contribuyan a crear un marco facilitador para el acceso a las tecnologías identificadas.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCTIP) a través de la Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva dió impulso al proyecto ENT en Argentina iniciando el proceso a partir de 2010, creando una estructura conformada por un coordinador nacional, un Equipo ENT integrado por Organismos Nacionales y Agencias científicas-tecnológicas del Estado y un Equipo de Consultores especializados en las diferentes áreas de estudio.

El proceso ha permitido seleccionar 5 sectores y analizar tecnologías en mitigación aplicables a 4 de ellos y tecnologías en adaptación aplicables al área monitoreo de variables climáticas e hidrológicas. Se presentan por separado los informes sobre tecnologías relacionadas con mitigación y sobre tecnologías para adaptación.

Los sectores para mitigación coinciden con aquellos identificados por la Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a la Conferencia de las Partes de la CMNUCC (SCN, 2007), como así también con otros estudios, como los más relevantes en términos de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEIs). Adicionalmente, en algunos aspectos, las tecnologías priorizadas contribuirían a la reducción de la vulnerabilidad de los sectores a los impactos del cambio climático.

A partir de los análisis realizados, incluyendo el tecnológico y de barreras, se han establecido Planes de Acción Tecnológicos (PAT) para cada sector, conteniendo medidas específicas relacionadas con aspectos regulatorios, económicos, de difusión, capacitación, articulación institucional y tecnológicos que contribuirían a la difusión e implementación de las tecnologías priorizadas. De esta forma se arribó a un PAT con actores, tiempos y presupuesto estimado que rondaría en los 6.926.000 de dólares para la ejecución de las acciones propuestas.

Asimismo, se han establecido ideas de proyecto concretas para implementar las tecnologías priorizadas. De esta forma, los procesos ENT permiten establecer una cartera de proyectos concretos, que incluyen tecnologías analizadas, propuestas de instrumentos asociados para superar barreras de implementación, mensurados en cuanto a su potencial de reducción de GEIs y priorizados en base al consenso inter sectorial, en función de las necesidades y oportunidades nacionales en materia de mitigación y de los beneficios adicionales al desarrollo. Ello brinda la posibilidad de hacer un uso más eficiente de programas e instrumentos de cooperación internacional tanto actuales como futuros que promueven el logro de beneficios medioambientales, entre ellos la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) y la reducción de la vulnerabilidad y adaptación frente a los impactos del cambio climático.

Los sectores analizados en el marco de la ENT han sido seleccionados considerando los criterios de aplicabilidad de los resultados a uno o varios subsectores, articulación con planes y programas existentes, sinergias entre mitigación y adaptación. A su vez, cada tecnología propuesta por sector debía identificar su potencial de reducción de emisiones y contar con perspectivas de desarrollo local. Adicionalmente cada selección de sector y tecnologías debía generar beneficios adicionales al desarrollo y cubrir áreas de vacancia con respecto a la información disponible.

De acuerdo a estos criterios se han identificado los siguientes sectores y subsectores:

- SECTOR ENERGÍA. Subsector Industria. Tecnologías para la cogeneración de energía eléctrica y calor aplicable a la pequeña y mediana industria de los subsectores agroalimentario y foresto-industrial
- SECTOR TRANSPORTE. Subsector productos agrícolas. Sistemas multimodales de transporte aplicados a productos agrícolas.
- SECTOR RESIDUOS. Subsector Energía. Tecnologías para la producción de energía a partir de distintas corrientes de residuos.
- SECTOR AGRICULTURA. Tecnologías para la optimización del uso del nitrógeno en actividades agrícolas ganaderas.

La mayoría de los subsectores seleccionados, forman parte de las 10 categorías que dan cuenta de más del 95% de las emisiones de GEIs del país en el año 2005, de acuerdo a datos de la Fundación Bariloche<sup>1</sup>.

El proceso ENT desarrollado en el país ha permitido generar un importante volumen de información para cada sector seleccionado, en lo referente al estado del arte a nivel global, situación actual del sector en el país, identificación de tecnologías existentes o en desarrollo para la implementación a nivel local, potencial de mitigación de las tecnologías y de su contribución a la adaptación al cambio climático.

En este sentido y teniendo en cuenta las divergencias resultantes de las características particulares de cada sector, se ha optado por presentar el análisis y resultados de la evaluación de tecnologías en mitigación individualmente por cada sector prioritario seleccionado, correspondientes a energía, transporte, residuos y agricultura, organizado en reportes. De esta

---

<sup>1</sup> Fundación Bariloche. Argentina: Diagnóstico, Prospectivas y lineamientos para definir Estrategias posibles ante el Cambio Climático. 2008

forma, se presenta una primera parte, denominada Aspectos Generales que es común a los reportes sectoriales y contiene información sobre el proceso ENT desarrollado en el país.

Por otra parte, se presenta una segunda parte del informe correspondiente a cada sector, donde se detalla información organizada en secciones.

Cabe destacar que la estructura del informe ENT de Argentina, al estar organizado en sectores, difiere en relación a la estructura genérica de los informes ENT para todos los países, aunque los contenidos son coincidentes. En la *tabla R.S. 1.1.* se presenta la estructura del informe ENT Argentina.

**Tabla R.E. 1.1. Estructura del Informe ENT Argentina**

<b>ESTRUCTURA DEL INFORME ENT</b>	
<b>ASPECTOS GENERALES</b>	
<b>1.INTRODUCCIÓN</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobre el proyecto ENT</li> <li>• Desarrollo de la ENT a nivel nacional</li> <li>• Políticas nacionales en cambio climático</li> </ul>	
<b>2. ARREGLOS INSTITUCIONALES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura ENT nacional</li> <li>• Involucramiento de partes interesadas</li> </ul>	
<b>3. ANÁLISIS DE SECTORES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterios y resultados de la selección de sectores de la EN</li> <li>• Contribución de los sectores a las emisiones de GEI</li> </ul>	
<b>REPORTES SECTORIALES</b>	
<b>Sección I</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción del sector</li> <li>• Priorización de tecnologías</li> <li>• Anexos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) listado de actores involucrados</li> <li>b) fichas de tecnologías seleccionadas</li> <li>c) referencias bibliográficas</li> </ul> </li> </ul>
<b>Sección II</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de barreras</li> <li>• Marco facilitador</li> </ul>
<b>Sección III</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de acción</li> </ul>
<b>Sección IV</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idea de proyecto</li> </ul>

A continuación una síntesis se detalla una síntesis de los principales contenidos en cada reporte:

• **Reporte I Sector Energía: Tecnologías para la cogeneración de energía eléctrica y calor en la industria**

La cogeneración, también denominada generación combinada de calor y potencia (CHP, por sus siglas en inglés), abarca un conjunto de tecnologías probadas para generar, simultáneamente, electricidad y calor útil en un proceso que es pronunciadamente más eficiente que su generación en forma individual. La práctica convencional de generar electricidad centralizada y calor in situ, en forma separada, tiene una eficiencia combinada de alrededor del 45%, mientras que los sistemas de cogeneración pueden alcanzar niveles de eficiencia del 80-90%.

La cogeneración está paulatinamente adquiriendo creciente relevancia en la actividad productiva de Argentina. No obstante, su participación en la matriz energética del país es aún poco significativa. Esta se estima en 2.6% del total de la producción neta de energía eléctrica (120 TWh) (período setiembre 2010–agosto 2011), considerando a los agentes encuadrados como cogeneradores (1.7%) y autogeneradores (0.9%) en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), que se corresponden con grandes empresas.

Estimaciones previas indican que el país tiene un potencial de cogeneración de 3000-3700 MW y un incremento en la demanda de energía eléctrica de 145 TWh para 2016, con 3% de aumento en el sector industrial. Las perspectivas para la implementación de tecnologías de cogeneración en el país se muestran promisorias para las grandes empresas.

Por su creciente relevancia estratégica para el país, se han seleccionado los **sectores** agroalimentario y foresto-industrial para la posible implementación de tecnologías de cogeneración en pequeñas y medianas industrias. Se detallan los subsectores en la *tabla R.S.1.2*.

**Tabla R.E. 1.2. Sectores y subsectores analizados para la implementación de tecnologías de cogeneración en PyMEs**

Sector	Subsector
INDUSTRIA	Industrialización de quesos (Cadena lácteos)
	Industrialización de yerba mate y te (Cadena infusiones)
	Industrialización de madera (Cadena foresto maderera)
Foresto Industrial	<b>Segmentos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aserraderos</li> <li>• Tablero de partículas,</li> <li>• Madera Compensada.</li> </ul>

Se han identificado 7 tecnologías, de un total de 19 tecnologías maduras y en desarrollo analizadas. Teniendo en cuenta su grado de madurez, posible disponibilidad en el corto, mediano



o largo plazo y la complejidad en cuanto a su operación, mantenimiento y control, las tecnologías seleccionadas para su priorización son:

- T1: Turbina de Vapor
- T2: Turbina de Gas
- T3: Motor de Combustión Interna Ciclo Otto
- T4: Motor de Combustión Interna Ciclo Diesel
- T5: Ciclo de Cheng
- T6: Turbina de Gas Combustión Externa
- T7: Ciclo Rankine Orgánico

El **análisis multicriterio**, realizado para las 7 alternativas tecnológicas identificadas, se ha desarrollado considerando las dimensiones ambiental (emisiones de GEI, nivel de ruido, calidad del aire, agua, paisaje), social (generación de empleo, grado de capacitación, salud), económica (costos de inversión y de operación y mantenimiento, posibilidad de desarrollo local, impacto en las economías regionales, uso de la tierra), y política-institucional (marco regulatorio, aceptación social y créditos por reducción de emisiones a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio -CER-).

Los resultados del análisis permitieron identificar a la tecnología de cogeneración turbina de vapor y motor Otto como generador de fuerza motriz, como las más viables para su implementación en industrias de pequeña y mediana escala de los subsectores seleccionados, debido a su relativo bajo costo de inversión inicial para PyMEs, mayor aceptación social, factibilidad de desarrollo futuro y en el caso del motor Otto la posibilidad de emplear biomasa (mediante gasificación previa).

Específicamente la turbina de vapor sería más favorable en el subsector maderero segmentos aserraderos, tableros de partículas y segmento madera compensada. En el primer caso, la abundancia de residuos generados, la existencia de calderas en los aserraderos, empleadas para la generación de calor requerido para el secado y, la posibilidad de vender el excedente de energía eléctrica a la red (300.000 MWh anuales) podrían incentivar la adopción de esta tecnología de cogeneración, que permitiría una mitigación de 228.000 tCO<sub>2</sub>/año.

Para el caso segmento tableros de partículas, si bien en la actualidad, las industrias emplean gas natural como fuente de energía primaria, la caldera asociada a la turbina de vapor permitiría migrar a la utilización de biomasa, incrementando pronunciadamente la mitigación de GEI de 45.000 tCO<sub>2</sub>/año a 197.000 tCO<sub>2</sub>/año. La venta de excedente de energía eléctrica a la red en ambos escenarios se estima en 160.000 MWh anuales.

Para el segmento madera compensada, la tecnología de cogeneración en base a la turbina de vapor también resultaría apta para satisfacer los requerimientos de la relación potencia/calor, similar a la de los aserraderos, y de alta calidad de energía térmica de este segmento. La implementación de esta tecnología de cogeneración utilizando el combustible habitual (GLP) permitiría mitigar sólo alrededor de 6.300 tCO<sub>2</sub>/año, pero su reemplazo por biomasa conduciría a incrementar la mitigación a alrededor de 52.000 tCO<sub>2</sub>/año. En este caso, el excedente de energía eléctrica es menor que para los otros dos segmentos madereros considerados, desplazando de la red cerca de 45.000 MWh por año.

Para el Subsector de industrialización de quesos, la tecnología de cogeneración en base al motor Otto resulta la más recomendable. Debido a que por su localización las industrias de pequeña y mediana escala cuentan, en general, con suministro de gas natural de red, el empleo de este combustible resultaría favorable para la implementación de la tecnología centrada en el motor Otto (mitigación de emisiones de 80.000 tCO<sub>2</sub>/año). Si bien el reemplazo del gas natural por biomasa permitiría alcanzar una mitigación muy superior (430.000 tCO<sub>2</sub>/año), se requeriría implementar un proceso previo de gasificación de la biomasa, con los consiguientes costos adicionales asociados. No obstante, en ambos escenarios de cogeneración, las industrias de este subsector deberían continuar consumiendo energía eléctrica de la red.

Subsector de industrialización de yerba mate y té, los requerimientos en cuanto a calidad de energía térmica son similares para el procesamiento de ambos cultivos y se centran, primordialmente, en las operaciones de secado. Las relaciones potencia/calor requeridas son 0.24 y 0.11 para la yerba mate y el té, respectivamente. Considerando que en la práctica habitual se emplea biomasa leñosa para alimentar las calderas, la tecnología de cogeneración centrada en la turbina de vapor resultaría adecuada en ambos subsectores y conduciría a una mitigación de 255.000 tCO<sub>2</sub>/año, en total, y la posibilidad de vender el excedente de energía eléctrica a la red (390.000 MWh anuales).

En cuanto a las **barreras comunes** para la adopción de estas tecnologías, la principal es el elevado costo de inversión y la falta de desarrollo nacional de unidades de cogeneración. Para que la implementación de sistemas de cogeneración resulte viable desde el punto de vista técnico-económico en pequeña y mediana escala, es imprescindible la venta del excedente de energía eléctrica a la red.

En tal sentido, entre las recomendaciones para un **marco facilitador** de estas tecnologías se destacan la modificación del marco regulatorio vigente, el incentivo mediante tarifas preferenciales para la venta de electricidad generada por CHP y el estímulo a incrementos en la eficiencia energética (electricidad y calor) por aplicación de cogeneración con utilización de biomasa como combustible, a fin de favorecer la sinergia cogeneración-combustibles renovables. Por otra parte, cabe mencionar que los equipos principales de los sistemas CHP (el motor Otto y la turbina de vapor) actualmente deben importarse, no obstante, existen fabricantes nacionales del equipamiento complementario requerido (calderas y recuperadores de calor), como también empresas de ingeniería en el país que pueden diseñar estos sistemas y ejecutar las obras necesarias.

El **Plan de Acción** para el subsector de energía eléctrica y calor en la industria se propone sobre la base del análisis desarrollado en la ENT. Se plantea un objetivo central, identifica barreras, necesidades y líneas de acción para superarlas, que se detallan a continuación:

#### **Regulatorias**

- Generar un marco regulatorio para facilitar el acceso a la red eléctrica de unidades de cogeneración en PyMES.

#### **Económicas**

- Desarrollar incentivos fiscales, tarifas diferenciales, créditos u otros instrumentos para facilitar la adopción de plantas de cogeneración, dirigidas a PYMES.

- Otorgar beneficios fiscales a empresas dedicadas a la fabricación nacional de sistemas de CHP o reducciones arancelarias para la importación de sistemas CHP.
- Subsidiar la ID+D en sistemas enmarcando la CHP en temas prioritarios.

#### **Difusión, capacitación, articulación**

- Diseñar e implementar campañas de difusión
- Desarrollar programas de formación técnica vinculados a cogeneración destinados a operarios, puestos gerenciales y otros participantes de la cadena de valor.
- Fortalecer la interrelación entre organismos del estado nacional y de las provincias y de actores de la cadena de valor a fin de favorecer la difusión y la viabilidad técnico-económica para la implementación de sistemas de CHP.
- Fomentar el empleo de CHP en industrias próximas a comunidades con difícil accesibilidad a la red eléctrica para mejorar la situación energética de estas últimas.

#### **Tecnológicas**

- Realizar inventario sobre demanda y calidad del calor empleado en la industria, en colaboración con los usuarios.
- Actualizar el relevamiento de la disponibilidad, accesibilidad y calidad técnica de los combustibles empleados en los sistemas CHP.
- Homologar la calidad de las distintas tecnologías de cogeneración adoptando estándares y/o normas internacionales de países líderes en tecnologías.

El plan de acción menciona además otras líneas de acción actualmente en vigencia o planificadas por distintos organismos, destacadas por su contribución o potencial sinergia y articulación con futuras acciones y proyectos derivados de la ENT.

Se sugieren en relación a cada línea de acción actividades concretas para implementar las líneas de acción, estableciendo posibles actores, tiempos y presupuestos estimados. El presupuesto de las actividades propuestas representarían un costo de 1.742.000 de dólares.

El Plan sugiere además actores estratégicos con representación en la cadena de valor y gestión del sector, que deberían involucrarse en las medidas sugeridas. Los beneficiarios directos del conjunto de medidas planteadas son las PyMES de la industria agro-alimentaria y foresto-industria fundamentalmente aquellas especializadas en la industrialización de té y yerba mate; quesos y madera (aserraderos, madera compensada, tableros de partículas), que han sido analizados en la ENT. También se reconocen como potencialmente beneficiarias PyMES de otros sectores que cumplan con los requisitos detallados en el informe sectorial Energía de la ENT.

La **idea de proyecto** desarrollada propone la construcción de una planta de cogeneración de energía eléctrica y calor de 3 MW, en base a turbina de vapor con combustión de biomasa en un aserradero de la provincia de Misiones. Se suministrará calor para el proceso industrial (secado de madera) y, en forma adicional, se generará energía eléctrica para su propio funcionamiento y venta del excedente de electricidad a la red. Se espera que una reducción de emisiones de 15.300 tCO<sub>2</sub> al año, un desplazamiento de energía eléctrica de la red de 0.8 MW y 2.2 MW de energía eléctrica excedente.

El análisis desarrollado en el reporte sectorial muestra que, de vencerse las barreras identificadas y satisfacerse una serie de necesidades referidas a la capacitación y al marco normativo, la cogeneración en la industria tiene un potencial significativo en la reducción de emisiones de GEIs, en la economía de las empresas, y también en la seguridad en el suministro de energía para la producción.

- **Reporte II Sector Transporte:** Tecnologías para mejorar la transferencia modal en el transporte de carga de productos agrícolas

El transporte es uno de los principales responsables de la emisión de gases de efecto invernadero, ya que da cuenta del 14% de las emisiones de gases de invernadero del planeta y del 23% de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de los combustibles; esto incluye el transporte de pasajeros y cargas por todos los modos, en sus diversos ámbitos (urbano, interurbano, internacional).

El **subsector seleccionado** para el análisis en la ENT es el transporte de productos agrícolas dado que en Argentina la matriz actual está altamente concentrada en el transporte carretero, a pesar de ser cargas apropiadas para el transporte ferroviario y fluvial. Uno de los determinantes del crecimiento de la demanda de transporte de carga en Argentina ha sido la importante evolución de la producción de cereales y oleaginosas

La distribución modal para granos, aceites y subproductos (aceites y pellets) actual a nivel nacional es aproximadamente 90% en camión, 9% en ferrocarril y 1% por transporte fluvial. En la Región de Rosario, principal nodo de destino de los flujos de origen agrícola, el camión da cuenta del 84%, el ferrocarril el 15% y el fluvial el 1%. Estas cifras marcan las enormes posibilidades que existen de transformarse hacia modos de menor consumo específico de combustible y, por ende, menores de emisiones de CO<sub>2</sub>, como el ferroviario y el fluvial.

Se ha excluido del análisis a la ganadería por entender que posee una logística muy particular y poco flexible respecto a una futura alternativa de cambio modal. El transporte de ganado ha sido derivado al transporte por camión hace ya varias décadas, no sólo en la Argentina sino a nivel mundial, dadas las dificultades logísticas y los altos costos asociados a su control, alimentación y desplazamiento.

El informe se define un horizonte de mediano y largo plazo en el que, mediante un conjunto de acciones, se podría lograr un incremento sustancial en la participación del transporte ferroviario en la movilización de granos y subproductos, lo cual permitiría contribuir al crecimiento de la economía y reducir las externalidades negativas, motivo por el cual lo convierte en una opción atractiva para la implantación de un modelo de transporte sustentable.

Se consideran para el **análisis y priorización tecnológicas**, dos opciones, en coincidencia con la tendencia mundial en el transporte ferroviario de cargas, que es correr trenes cada vez más pesados (más toneladas más vagón) y cada vez más largos (más vagones por tren). De acuerdo con la opción que se adopte serán variados los requerimientos de inversión en la infraestructura de vías, las playas de maniobra, las obras de arte, los vagones

Considerando la proyección realizada en base al Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial (PEA2 2010-2020) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP), que indica que la producción de granos al año 2020 será de 145 millones de toneladas, se propone como opción tecnológica duplicar la participación del ferrocarril en el “flete largo” (genéricamente, del silo al puerto de exportación) pasando del 15 % al 30%.

Bajo esta propuesta el volumen a transportar por ferrocarril pasaría de 13 a 37.7 millones de toneladas como resultado del incremento de la producción y la participación ferroviaria. El tonelaje incremental sería de 24.7 millones de toneladas. A los efectos de los cálculos se estimó en 25 millones de toneladas.

La visión a la que se aspira es la de un ferrocarril con un rol relevante en el transporte de cargas del comercio exterior e interior. Son diversas las razones que lo fundamentan, entre ellas, la evolución esperada de la estructura productiva en las regiones del Centro, Noroeste (NOA) y Noreste (NEA) de Argentina, ya que es la base de la demanda de transporte de cargas. Entre las principales limitantes para acceder a dicha producción potencial, se encuentra en especial la movilización y el transporte de los granos, la capacidad de almacenamiento y acondicionamiento, el procesamiento industrial y la logística portuaria de exportación. Si continuasen las modalidades actuales se generaría una enorme congestión (terrestre y fluvial) en el litoral.

El estancamiento que presenta el nivel de actividad responde más a las limitaciones de la oferta, es decir, del conjunto material rodante-infraestructura (potencia de locomotoras, capacidad de vagones –limitados por los bajos pesos por eje-, tipo de enganches) y la eficiencia operativa, asociadas a la logística del transporte de granos, que a carencias por el lado de la demanda. La solución para poder alcanzar sustentablemente el cambio modal planteado, lo constituirán las inversiones en material rodante y en infraestructura ferroviaria cuyo monto total se estima en la siguiente tabla.

**Tabla R.E. 1.3. Inversiones Tecnológicas Necesarias.**  
**Transferencia modal de cereales y oleaginosas del camión al ferrocarril**

Área de inversión		Millones de dólares
Material Rodante	Locomotoras (tipo GT22, de 2400 HP) Cantidad: 113 usadas 107 material rodante nuevo. 10.930 Vagones	9000 (usados) 1585 (nuevos)
	Proyecto Circunvalar Región Metropolitana de Rosario	1150
Infraestructura	Mejoras en los puertos de Bahía Blanca y Quequén	100
	Mejoras en las vías	150
<b>MONTO TOTAL</b>		2300 (con rodante usado) 2985 (con rodante nuevo)

Fuente: Elaboración propia

Entre los beneficios económicos de transferencia modal de cereales y oleaginosas del camión al ferrocarril se atribuye especialmente un impacto muy alto al incremento de la productividad y competitividad de la economía, los ahorros de fletes de transporte cercanos a los U\$S 375 millones al año, y a las reducciones de gases de efecto invernadero estimadas en 587.500 Tn CO<sub>2</sub>eq por año, que a valor presente, representarían un valor monetario de U\$S 9.987.500 al año. Además, el empleo ferroviario generado se ubicaría en el orden de los 3.000 puestos de trabajo.

El mayor puntaje obtenido **del análisis multicriterio** corresponde al escenario de correr trenes más largos por sobre correr trenes más pesados, dado que en el mediano plazo es la que tiene mayores posibilidades de implementación, los costos de inversión son menores con lo cual es la más factible de ser financiada.

En cuanto a **las barreras** para las opciones tecnológicas identificadas, los principales obstáculos se hallan en aspectos técnicos, económicos y políticos. Las **barreras técnicas** para los trenes más largos, hacen referencia fundamentalmente al tipo de enganche manual que emplean los vagones argentinos, distintos a los enganches automáticos rígidos que emplean los grandes ferrocarriles mineros a nivel mundial y los ferrocarriles de Estados Unidos y Canadá. Para esta opción hacen falta nuevos enganches y avanzar hacia el “tren digital”. En cuanto a los trenes más pesados la dificultad técnica esta dada por la necesidad de adecuar la infraestructura ferroviaria para soportar el mayor peso de las cargas.

Otras de las barreras identificadas son las **económicas** dados los altos requerimientos de inversión para la implementación de las tecnologías seleccionadas, sin embargo entre la opción trenes más largos o más pesados, estos últimos demandan un mayor flujo de inversión y presentan menos posibilidades de obtener el financiamiento.

En relación con las barreras **políticas**, independientemente de las tecnologías y cualquiera sea el modelo de gestión que se adopte, las políticas de la actividad ferroviaria requieren previsibilidad, por la magnitud de las inversiones y sus largos períodos de maduración. Considerando que la mayoría de las concesiones ferroviarias tienen por delante, solo 10 años de vida, resulta necesario definir cuáles serán las políticas y el modelo de gestión de largo plazo que permitirían el incremento de las inversiones necesarias y, por consiguiente, el aumento de la actividad ferroviaria.

En cuanto a las recomendaciones para un **marco facilitador**, la clave para impulsar el plan tecnológico sería a través del sector público y la participación activa de los operadores ferroviarios. Debe establecerse un acuerdo público-privado, comprometerse un shock importante de inversiones públicas y privadas y llevarse a cabo el cumplimiento de regulaciones del transporte carretero de cargas.

Los actores involucrados corresponden al sector público y al sector privado. En el primer caso figuran la Secretaría de Transporte, la Administración de Infraestructura Ferroviaria (ADIF) y la Operador Ferroviaria (O.F.). En el segundo caso se encuentran los operadores ferroviarios y de las terminales portuarias, y todos los agentes de la cadena agropecuaria (acopiadores, exportadores, productores y sectores de la comercialización). Se considera que es posible y conveniente contar con una estrategia de aprovisionamiento nacional, que permita desarrollar un cluster ferroviario integrado regionalmente. La propuesta de un programa de desarrollo regionalmente integrado de

industria ferroviaria requiere de acuerdos, posibles en el marco de la actual política de integración. El posible cluster industrial ferroviario tendría como clientes a concesionarios y cargadores con financiamiento propio, y a contratistas financiados con recursos públicos.

El **Plan de Acción** propuesto para el sector transporte, al igual que el resto de los sectores presenta un objetivo central, barreras, necesidades y líneas de acción necesarias para superarlas. Se sugieren además actividades concretas que contribuyen a operativizar las líneas de acción, estableciendo posibles actores, tiempos y presupuestos estimados. Asimismo, se detallan otras líneas de acción que incluyen iniciativas actualmente en curso o planificadas por distintos organismos, destacadas por su relevancia o potencial sinergia con futuras acciones y proyectos derivados de la ENT.

El Plan de Acción propuesto para este sector incluye las siguientes líneas de acción:

#### **Regulatorias**

- Revisar el marco regulatorio e institucional vigente, promoviendo su modernización y simplificación

#### **Económicas**

- Promover la inversión de fondos públicos y desarrollar incentivos para la realización de inversiones por parte de concesionarios privados y agencias multilaterales de crédito.

#### **Difusión, capacitación**

- Diseñar campañas de difusión y concientización destinadas a actores con competencia directa en materia de transporte de productos agrícolas.
- Difundir y consolidar las políticas y buenas prácticas existentes, actualmente realizadas de manera aislada.

#### **Articulación Institucional**

- Impulsar medidas para la mejora de la capacidad institucional para la regulación, gestión y control, que acompañen las acciones transversales propuestas.
- Evaluar los modelos de gestión del transporte dotándolo de claridad y favoreciendo una adecuada gestión público–privada.
- Mejorar el conjunto de componentes de la cadena logística de productos agrícolas aliñado con el objetivo de dar una mayor trascendencia al transporte ferroviario mediante Asociaciones Público-Privada.

#### **Tecnológicas**

- Implementar medidas para aumentar la participación del ferrocarril en el transporte multimodal como medida de mitigación del cambio climático.
- Promover la producción nacional de equipamiento ferroviario y cambios tecnológicos necesarios en vistas de una mayor eficiencia energética del sector de transporte de productos agrícolas.

En relación a cada línea de acción, como se mencionó, propone actividades concretas para operativizarlas. De acuerdo al presupuesto estimado necesario para implementarlas este sería de 656.000 dólares.

El Plan sugiere además actores estratégicos con representación en la cadena de valor y gestión del sector, que deberían involucrarse en las acciones sugeridas. En cuanto a los principales beneficiarios de la implementación de medidas se identifican por un lado los productores de equipamientos ferroviarios (existente o potencial), centros de investigación en tecnologías para el sector transporte y concesionarios ferroviarios y por otro, aquellos actores vinculados a la actividad agrícola: productores de granos y oleaginosas, acopiadores y exportadores. La **idea de proyecto** propone para la región del Gran Rosario la construcción de:

- Un Corredor de Circunvalación metropolitano de cargas.
- Estaciones de transferencia multimodales de cargas.
- Red de accesos viales y ferroviarios a las terminales de carga.

Estas medidas permitirían mejorar la competitividad de la producción por disminución de costos de transporte: menor tasa de accidentes, menor consumo de combustible y por ende menor contaminación ambiental.

La región del Gran Rosario registra el mayor crecimiento en el transporte de cargas terrestres del país en la última década, con volúmenes anuales del orden de los 10,5 millones de toneladas por vía ferroviaria y más de 112 millones por camión, concentra el 30% del movimiento nacional de cargas de todo tipo. Por los puertos instalados en su entorno se embarcaron, en el 2007, más del 77% de las exportaciones de granos, aceites y subproductos del país (aproximadamente 58 millones sobre los 76 millones del total nacional, lo que ha generado solo en este rubro una movilización del orden 4 millones de viajes anuales en el área y más de 6.800 trenes de carga.

El análisis realizado en la ENT para el sector se ha centrado en una meta de transporte ambiciosa, consistente con la magnitud de la mejora en la infraestructura, que permita un cambio significativo en la matriz de cargas del país: duplicar la participación del FFCC en el transporte interno de granos y oleaginosas del 15% al 30%.

Este aumento en la participación del ferrocarril, a su vez, se vería reflejado en una reducción en la huella de carbono de los productos agrícolas transportados, mejorando el acceso a los mercados. Por ello, deben procurarse políticas integrales de transporte e infraestructura, orientadas a sistemas intermodales de transporte que consideren para cada producto: volumen, distancia, acceso la mejor complementación de modos desde el punto de vista económico, social y ambiental.

- **Reporte III Sector Residuos: Tecnologías para el aprovechamiento energético de residuos sólidos urbanos y de los sectores agrícola, ganadero y agroindustrial**

Para el Sector Residuos se han considerado los **subsectores** Residuos Sólidos Urbanos (RSU), residuos agropecuarios y efluentes agroindustriales y domiciliarios, que presentan un importante potencial de reducción de emisiones.

El sector RSU representaba el 2.66 % del total de emisiones del país al año 2000 según la Segunda Comunicación Nacional (SCN) del Gobierno de la República Argentina a las Partes de las CMNUCC y el 57% del Sector Residuos. Tiene asimismo una proyección significativamente creciente al año



2030 alcanzando 2660 Gg de metano (incrementando también la participación de este sub-sector dentro del sector Residuos al 83%)<sup>2</sup>.

Los residuos agropecuarios se consideran aquellos generados en las actividades del sector primario de la producción agropecuaria, ganadera, pesca, forestal y alimenticia. Estudios realizados evidencian que la práctica común respecto al manejo de residuos y efluentes en el sector agropecuario e industrial es el vertido dentro o fuera del sistema en forma de sólidos o semi-fluidos o bien manipulados como líquidos que se almacenan en excavaciones precarias (lagunas abiertas), sin aislación con el suelo. Las emisiones de GEIS, el inventario de GEIs del año 2000 reportado en la SCN reportó 57.32 Gg de metano (1203.7 tCO<sub>2</sub>eq) por manejo del estiércol en el sector ganadero en el año 2000, vinculado a los sectores bajo análisis en la ENC, representan el 1.4% de aporte del sector Manejo del estiércol dentro del sector Ganadería en términos de emisiones de GEIs.

Las emisiones de metano correspondientes a las Aguas Residuales Domésticas e Industriales representan el 42% de las emisiones totales de metano del sector Residuos y ocupan el séptimo lugar de las categorías principales de fuentes con 1.97% de participación dentro del total de emisiones de Argentina.

Las **opciones tecnológicas** aplicables a los sectores Residuos Sólidos Urbanos (RSU), residuos agropecuarios y efluentes agroindustriales y domiciliarios, analizadas en el marco de la ENT son:

- Producción de energía a partir de la recuperación de Gas del Relleno Sanitario (GRS)
  - Uso directo para generación de energía térmica
  - Producción de electricidad
- Producción de energía a partir de la combustión de RSU
- Producción de energía a partir de la biodigestión anaeróbica de efluentes (bioenergía)
  - Laguna cubierta
  - Digestores de mezcla completa, flujo pistón, UASB
- Producción de biometano
  - Tecnologías de tratamiento primario del GRS
  - Tecnologías de tratamiento secundario del GRS (técnica de separación por membrana; proceso de absorción con agua, aminas u otros solventes; proceso de tamiz molecular)

Del análisis de la situación global se observó que en los países industrializados existe un alto grado de desarrollo e implementación de cada una de estas tecnologías y del marco regulatorio vinculado, en casi todos los casos con el objetivo principal de producir electricidad o energía térmica y gestionar residuos y efluentes. La tecnología para la captura de GRS no es una práctica usual en Argentina. Si se considera que sólo el 11% de la población del país está incluida en sistemas de disposición final de RSU controlada, principalmente aquella vinculada a las grandes ciudades, la captura de biogás es aún una cuenta pendiente en el sistema de gestión integral de RSU de Argentina.

---

<sup>2</sup> Argentina: Diagnóstico, Prospectivas y lineamientos para definir Estrategias posibles ante el Cambio Climático. Producto 2: "Proyecciones anuales de las emisiones de GEI, destacando en el análisis los años 2010, 2020 y 2030". Escenario Tendencial (BAU). Proyecto realizado para la Comercializadora de Energía del MERCOSUR S.A. (CEMSA) Buenos Aires, Argentina. Julio 2008. Fundación Bariloche.

Existen aproximadamente 31 sitios de disposición final de residuos con diferente grado de control de lixiviados y de emisiones. De todos estos sitios sólo 9 han avanzado en la captura de GRS con fines de la obtención de bonos de carbono en el marco del MDL.

Los sistemas de captura y quemado de GRS instalados hasta el momento en Argentina, excepto un proyecto de pequeña escala, el resto pertenecen a tecnologías provistas por empresas de países desarrollados. Hasta el momento, sólo un par de casos están avanzando en la utilización del GRS para la generación de electricidad, en una primera etapa para el consumo local, para luego exportar el excedente a la red pública en el marco del Programa GENREN. Otro segundo caso ha avanzado en la utilización del GRS como fuente de energía térmica.

No existen experiencias de incineración de RSU en Argentina con fines de aprovechamiento energético. Los intentos de instalación de hornos incineradores de RSU han tenido fuerte resistencia en varias provincias; la ONG Greenpeace tuvo fuerte participación en la promulgación en el año 2005 de la ley 1.854 de Basura Cero para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Durante los últimos años, y fundamentalmente en el marco del incentivo del MDL, se han instalado en Argentina 10 lagunas anaeróbicas con captura de biogás y un par de reactores anaeróbicos de tipo UASB. En la mayoría de los proyectos se utiliza el biogás capturado como fuente de energía térmica para autoconsumo, reemplazando el gas natural utilizado en las calderas para la producción de vapor para los propios procesos.

La experiencia desarrollada en Argentina con respecto a la purificación del biogás consiste básicamente en tratamientos primarios de eliminación partículas (filtración), de condensados y restos de vapor de agua previos al quemado del gas en antorcha. Estas tecnologías se aplican tanto al GRS como al biogás capturado en las plantas de tratamiento de efluentes y han sido provistas por las mismas empresas proveedoras de la tecnología de captura de biogás.

En cuanto al enriquecimiento energético del biogás (o GRS) para utilizarlo como Gas Natural Comprimido (GNC) o para ser inyectado a la red, esta no es una opción que esté disponible comercialmente en Argentina a pesar de que hay proveedores del sector gas y petróleo con experiencia en algunas tecnologías de separación del CO<sub>2</sub>, como son las tecnologías de separación con membranas y sistemas de absorción con aminas, aunque a una escala es sensiblemente superior a las que se podrían aplicar para proyectos de captura de biogás (o GRS).

La estimación del **potencial de mitigación** que tendrían cada una de las tecnologías estudiadas, se llevo a cabo aplicando la metodología de IPCC (2006) y considerando, para el caso de la tecnología de captura de GRS, dos escenarios: 1) que muestra la capacidad de mitigación de la infraestructura actual representada por sitios de disposición final de RSU controlados y 2) que indica el potencial a futuro, una vez se construyan rellenos sanitarios con captura de GRS en todas las ciudades con más de 100.000 habitantes.

Los resultados obtenidos indican:

- Potencial de mitigación de la tecnología de captura de GRS para la producción de energía térmica o para la producción de electricidad: 3.860.000 tCO<sub>2</sub>eq por año<sup>3</sup> aproximadamente.

---

<sup>3</sup> representa el 51% de las emisiones del último año de inventario (2000)

- Combustión de RSU (producción de vapor en caldera seguida de turbina de vapor con generador) para los mismos fines alcanzaría: 2.642.000 (energía térmica) 3.300.000 tCO<sub>2</sub>/año (electricidad).

La estimación promedio estimada en el presente estudio para el período 2010-2020 por implementación de la tecnología de captura y aprovechamiento energético de GRS alcanzaría, considerando ambos escenarios, 167 Gg de metano por la captura y 184 Gg de metano por el aprovechamiento energético, lo que representa el 51% de las emisiones del año del último inventario (2000).

En términos de producción de electricidad, los actuales sitios de disposición final tendrían una capacidad de generar como mínimo 460.000 MWh por año o el equivalente térmico de 4.200 TJ anuales mientras que si se aprovechara el GRS del Escenario II propuesto se podrían disponer 238.000 MWh por año o 2.190 TJ anuales adicionales.

El potencial de mitigación de la tecnología de biodigestión anaeróbica (promedios anuales tCO<sub>2</sub>/año) resultó cercano a los 7.000.000 tCO<sub>2</sub>eq anuales considerando la cría de porcinos, tambos, industria citrícola, láctea, azucarera y frigoríficos. En términos de producción de electricidad, el aprovechamiento energético de los efluentes industriales tendría un potencial de producción de aproximadamente 1.130 GWh por año representado mayoritariamente por el sector de la industria láctea y frigoríficos y el subsector manejo del estiércol (sectores porcino y tambos). Esta evaluación muestra el alto impacto que una adecuada política podría generar en las economías regionales del país, dada la destacada participación de estos sectores en el PBI nacional.

En cuanto a la producción de biometano, una primera aproximación indica que los actuales sitios de disposición final de RSU localizados en el área metropolitana tienen una capacidad de producción de 100 millones de metros cúbicos de biometano por año lo que equivale al consumo de gas natural de aproximadamente 90.000 viviendas.

La tecnología de biodigestión anaeróbica de todos los sectores analizados, estarían generando 324 Gg de metano anual, lo que equivale a aproximadamente 500 millones de biometano al año, con capacidad de abastecer a casi 400.000 viviendas.

Del **análisis multicriterio** desarrollado con la participación de partes interesadas se ha podido identificar que de las tecnologías de tratamiento de RSU con fines energéticos, la captura de GRS para la producción de electricidad resulta la tecnología con mayor potencial de implementación, seguido por la utilización del GRS para la generación de energía térmica y biometano. En el marco político-institucional actual de Argentina, la aplicación de la combustión de RSU para la generación de energía no cuenta con un contexto adecuado para su implementación además de tener muy bajo consenso social e importantes barreras técnicas y económicas para su desarrollo.

Para las tecnologías de tratamiento de efluentes industriales con fines energéticos, las lagunas cubiertas para la captura y utilización del metano para la generación de energía térmica o electricidad resulta la tecnología con mayor potencial de implementación, seguido por los reactores anaeróbicos.

Priorizar una tecnología viable para el tratamiento de los RSU que implique menores impactos en todas las diferentes dimensiones de la sustentabilidad, requiere un complejo análisis y como así también considerar los cuestionamientos sociales y ambientales que algunas de ellas presentan. Por tanto quizá no sea una única tecnología la que de respuesta al tratamiento de los RSU, sino la combinación de varias de ellas que permitan tratar diferentes fracciones de los RSU y resulte un sistema integral más eficiente y amigable con el medio ambiente.

El **análisis de barreras** desarrollado indicó que los impedimentos al desarrollo de las tecnologías bajo análisis no están asociadas a las cuestiones tecnológicas sino a un entorno habilitante inadecuado que no propicia el desarrollo de tecnologías de aprovechamiento energético de los residuos, principalmente vinculado a aspectos regulatorios e institucionales.

El **Plan de Acción** se estructura en torno a un objetivo central, barreras y necesidades y líneas de acción para superarlas. Se mencionan asimismo otras líneas de acción actualmente en vigencia o planificadas por distintos organismos.

Las líneas de acción identificadas son:

#### **Regulatorias**

- Revisar el marco regulatorio a fin de incorporar la producción de energía a partir de residuos, contemplando las Mejores Tecnologías Disponibles (BATs, por sus siglas en inglés) para cada sector y las características particulares de cada jurisdicción.

#### **Económicas**

- Identificar alternativas de financiamiento a nivel local, regional e internacional.
- Facilitar la venta de energía (térmica y/o eléctrica) a través de contratos de compra a largo plazo y a precios de comercialización que resulten atractivos para proyectos de mediana y pequeña escala.
- Evaluar el sistema de contratos/concesiones de los servicios de tratamiento y disposición final de residuos con vistas a la generación de electricidad.

#### **Difusión, capacitación, articulación Institucional**

- Promover a través de instituciones de I&D la promoción, asistencia técnica y capacitación para la implementación y sostenimiento de nuevas tecnologías de generación de energía a partir de fuentes renovables.
- Promover la sinergia entre los organismos de estado-agencias de desarrollo, institutos de I&D y universidades.
- Elaborar programas de formación técnica de los operarios y puestos gerenciales en nuevas tecnologías.
- Relevar, difundir y fortalecer proveedores locales de tecnologías aplicables a los residuos.
- Desarrollar campañas de concientización acerca de las ventajas de la utilización de residuos con fines energéticos y aspectos relacionados al cambio climático en articulación con representantes de diversos sectores.

#### **Tecnológicas**

- Implementar proyectos demostrativos sobre el uso energético de residuos y efluentes.
- Fortalecer la producción y sistematización de estadísticas y datos vinculados a RSU para apoyar el diseño e implementación de planes, programas y metas de gestión.

Vinculada a cada línea de acción se sugieren actividades concretas para implementarlas, estableciendo posibles actores, tiempos y presupuesto estimado, que rondaría en 3.712.000 de dólares.

El Plan enumera actores estratégicos con representación en la cadena de valor y gestión del sector, que deberían involucrarse en las medidas sugeridas. En cuanto a los beneficiarios directos del conjunto de medidas planteadas se destacan:

- a) los municipios responsables de los RSU y efluentes generados en sus jurisdicciones
- b) las industrias de los sectores productivos como frigoríficos, industria láctea, industria citrícola, industria azucarera, producción porcina, tambos u otros que generen corrientes de residuos o efluentes con potencial de generación de energía
- c) empresas proveedoras de equipos, maquinarias y vehículos para el transporte y tratamiento de los RSU y efluentes
- d) empresas encargadas del servicio de recolección y disposición final de RSU y encargadas del servicio de tratamiento de efluentes generalmente adjudicatarias del servicio a través de contratos, licitaciones o adjudicaciones.

La **idea de proyecto** desarrollada consiste en la instalación de un biodigestor para la producción de biogás y generación de electricidad para autoconsumo en un feed lot localizado en el centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina, que no cuenta con acceso a la red pública de electricidad. La iniciativa busca resolver el problema de los residuos generados por la cría confinada de animales y paralelamente resolver el autoabastecimiento de electricidad mediante una nueva tecnología en el sector.

Los beneficios de la idea de proyecto redundan en una mejor competitividad del sector productor de carnes, el desarrollo de economías locales (mano de obra para la construcción, instalación, O&M de biodigestores y sistemas de generación de electricidad, proveedores de servicios, logística para el transporte y la distribución de insumos y servicios, etc). El proyecto podrá convertirse en referencia regional para su posterior transferencia a otros productores ganaderos del mismo sector (ganadería) y también del sector de cría intensiva de porcinos, tambos y frigoríficos.

Del análisis realizado se puede concluir que la disponibilidad de tecnologías probadas para aprovechar el biogás que pueden generar las diferentes corrientes de residuos y efluentes representan una alternativa doblemente beneficiosa, ya que contribuye a mitigar el carbono de la economía por dos vías, una a través de la captura del metano y su uso y otra por el reemplazo de combustibles fósiles.

La barrera más importante a superar es la institucional, ya que facilitando el marco regulatorio a través de una política claramente comprometida con la implementación de tecnologías de aprovechamiento energético de residuos se facilitaría el desarrollo de tecnología y proveedores locales promoviendo el avance hacia un sistema de producción sustentable con menor intensidad de carbono.

- **Reporte IV Sector Agricultura: Tecnologías para optimizar el uso del Nitrógeno en las actividades agrícolas-ganaderas**

El estudio en los sectores de Agricultura y Ganadería Bovina de carne de Argentina pretende analizar las necesidades tecnológicas que permitan avanzar en la mitigación de las emisiones de óxido Nitroso ( $N_2O$ ) y sus precursores ( $NH_3$ ).

Para la simplificación del estudio, se trabajó sobre las actividades de mayor impacto en **sector agrícola y ganadero**. En este sentido, el análisis se centró en las emisiones provenientes de los cultivos de Trigo, Maíz, Soja y Girasol, que ocupan aproximadamente un 90% del área sembrada, y en ganadería bovina de carne, como sector ganadero principal y más extendido a nivel nacional.

En cuanto a la relevancia del sector en términos de emisiones, según la Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina, la fuente de emisión principal de  $N_2O$  "Uso de Suelos Agrícolas" representa un 23% del total de emisiones. Considerando las sub-categorías incluidas, un 58% corresponde a las actividades agrícolas, siendo las sub-categorías principales "Cultivos Fijadores de N" y "Residuos de Cosecha". Cabe aclarar que dentro de esta categoría se encuentra también la gestión de las pasturas dedicadas a bovinos. El 42% correspondiente a Ganadería, incluye como categoría principal el "Uso de los suelos por el estiércol de los bovinos", es decir debidas al ganado bovino en pasturas.

Sobre la base de las emisiones informadas en la Segunda Comunicación Nacional, estimadas de acuerdo a la versión de 1996 de las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de GEIs, se realizó un recálculo de las emisiones con la nueva metodología IPCC correspondiente al año 2006.

Este recálculo fue realizado con el fin de partir de una línea de base actualizada, acorde a la metodología vigente, y también con el objeto de estimar el impacto que puede tener un cambio en el conocimiento de los procesos, sobre la estimación de las emisiones en un sector productivo. Las diferencias encontradas en el recálculo de la Segunda comunicación para los cultivos seleccionados del sector agrícola, cambian significativamente el papel de este sector dentro de las emisiones totales a nivel nacional, aunque cabe destacar, no constituyen en sí una medida de mitigación del sector.

Con el cambio de metodología (IPCC 2006), la categoría "Uso de Suelos Agrícolas", tendría una reducción de aproximadamente 23,5 millones de toneladas de  $CO_2eq.$  para el inventario del año 2000, lo cual representa un 8,35 % del total de emisiones de Argentina. Este recalcu incluye, según la nueva metodología IPCC 2006, la exclusión de las emisiones de óxido nitroso, por fijación simbiótica, para el cultivo de soja y la inclusión de óxido nitroso proveniente de la mineralización del N de la materia orgánica del suelo cuando existen cambios de uso de tierras. Esto pone de relieve la importancia de orientar esfuerzos hacia la investigación y la validación de las ecuaciones propuestas por la metodología IPCC para condiciones locales en las actividades relacionadas al sector agrícola.

En el sector agricultura propiamente dicho, las **tecnologías bajo análisis** están orientadas a la disminución de la volatilización de fertilizantes sintéticos nitrogenados, dando lugar a un uso más eficiente de los mismos. Por un lado, se analizó el impacto del uso de distintas fuentes nitrogenadas, del uso de productos inhibidores de la volatilización y de prácticas de aplicación

tales como la incorporación y la partición de dosis (aplicación dividida). A los fines del estudio, no se tuvieron en cuenta fuentes orgánicas de fertilizantes, tales como estiércol, debido a su poca relevancia a nivel nacional en los cultivos analizados.

Por otro lado, se analizó el rol del uso de fijadores biológicos, libres y simbióticos, de nitrógeno atmosférico en los cultivos de Trigo y Maíz y en praderas consociadas y su impacto sobre las emisiones, a través del reemplazo relativo de fertilizantes sintéticos, por incremento de la productividad. El estudio del impacto de esta tecnología fue incluida en el análisis por ser considerada una herramienta valiosa en la dinámica del N y por estar ligada al campo de la biotecnología, el cual está teniendo un gran desarrollo y ha jugado un rol importante en los últimos años en el sector agropecuario.

También se analizaron tecnologías de fertilización variable, o Manejo Sitio Específico de la fertilización, con el fin de optimizar el uso de fertilizantes permitiendo aplicar mayores dosis en sitios de mayor potencial productivo y disminuir dosis en ambientes de menor potencial productivo. Esta tecnología, relativamente reciente, implica tecnificación y capacitación en el personal de campo y en los técnicos involucrados en la producción agrícola. La aplicación variable permite eficientizar el uso del N, dejando en el suelo la menor cantidad de N residual del fertilizante al final del ciclo del cultivo, con el fin de disminuir la probabilidad de emisiones directas e indirectas, por lixiviación y escurrimiento.

Aunque el objetivo del estudio se enfoca en las emisiones de óxido nitroso, se analizó, en forma complementaria, el impacto de las rotaciones y la intensificación de cultivos sobre las emisiones totales de GEI, expresadas como equivalente dióxido de carbono. En este sentido, vale destacar que el uso de fertilizantes Nitrogenados en una rotación agrícola, por un lado genera emisiones de óxido nitroso, pero también puede generar aportes importantes de residuos de cosecha, los cuales actúan como sumideros de Carbono, dando lugar a menores emisiones totales, especialmente en sistemas de Siembra Directa. En este aspecto, se cuantificaron las emisiones totales de tres rotaciones (“Soja continua”, “Soja- Trigo/Soja 2da” y “Soja-Trigo/Soja 2da-Maíz”), para el Norte de la Provincia de Buenos Aires.

Si bien las emisiones de óxido nitroso provenientes de fertilizantes fueron mayores en las secuencias que incluyeron trigo y maíz, las emisiones totales del monocultivo de soja, por hectárea, en toneladas de CO<sub>2</sub>eq, fueron de un 30 a un 36% superior a las secuencias que incluyeron gramíneas. Al calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> por tonelada de grano producido, el monocultivo de soja fue entre un 89% y un 150% superior a las demás rotaciones.

En el sector ganadería, se analizó el impacto de tecnologías orientadas a incrementar la producción de carne individual y por unidad de superficie, con el objeto de disminuir las emisiones por unidad de producto. En los sistemas pastoriles, utilizados en la mayoría de los establecimientos de la Argentina, el 70% de la energía consumida es destinada al mantenimiento del animal. En este sentido, toda práctica que permita incrementar la producción por cabeza y la eficiencia de stock del rodeo, daría lugar a una significativa disminución de las emisiones por kilo de carne producido, diluyendo las emisiones directas de pastizales y pasturas, como así también las emisiones provenientes de la excreta animal.

Para la estimación de la producción ganadera y sus emisiones de óxido nitroso, se dividió el país en 8 regiones ganaderas. En cada una de las regiones se consideraron 3 posibles sistemas modales de cría y 5 sistemas modales de engorde. Por una lado, los sistemas modales de cría se clasificaron según su nivel de adopción tecnológica en nivel tecnológico alto, medio y bajo. Los sistemas de engorde, por otro lado, se definieron por el tipo de producto que generan (por ej. novillos pesados) y no por el nivel tecnológico implementado.

A fin de determinar el **potencial de mitigación de emisiones** de las tecnologías analizadas se estableció un escenario de producción agrícola y ganadero para el año 2020, basado en las metas oficiales del Plan Estratégico Agroalimentario Nacional (PEA2 2010-2020) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP). De acuerdo a dicho escenario productivo, se estimaron las emisiones de GEI originadas por fuentes nitrogenadas al año 2020, con aplicación de las tecnologías propuestas y sin aplicación de las mismas. En este escenario 2020 se asumió una reposición completa de P y N vía fertilización para poder estimar las emisiones máximas potenciales con y sin aplicación de las tecnologías mencionadas. Esto permitió valorizar el impacto de la implementación de cada una de las tecnologías analizadas, y de la suma de todas, sobre la mitigación de emisiones originadas por el ciclo del N, en el sector Agrícola-Ganadero.

En agricultura, se valorizó el impacto de la incorporación de tecnologías específicas como los inhibidores de la volatilización de urea y fijadores biológicos no simbióticos. Estos darían lugar a una reducción del 5,8% por tonelada de grano producida de maíz y trigo. El volumen total de reducción de emisiones en Ton de CO<sub>2</sub>eq, para los cuatro cultivos analizados, resultó en 3,7% para el año 2020. No se valorizó el impacto de la adopción de tecnologías de aplicación tales como fertilización variable, incorporación de fertilizante y aplicación dividida, ya que no hay información para todas las regiones del país. No obstante, se analizó un caso de fertilización variable en trigo para el sudeste de Buenos Aires con una reducción por tonelada del 7%, aunque las emisiones totales se incrementaron.

Las emisiones por cambio de uso del suelo debidas al incremento del área sembrada al 2020, fueron estimadas, para todo el país, considerando una situación de clima templado cálido seco y un cambio de pastizal no degradado a agricultura en siembra directa. Las metas PEA 2020, de 139 millones de toneladas de grano para estos cultivos, representan un incremento del 52% respecto al 2011. Esto requeriría unas 7 millones de hectáreas adicionales, considerando un incremento anual del 2% del rendimiento promedio, por mejora genética y de manejo de cultivo.

Por su parte, en Ganadería, las mejoras tecnológicas propuestas para la cría resultarían en un incremento del promedio nacional de la producción de terneros (destete) del actual 63% a un 70%. Esto último contempla un stock de vientres constante a nivel país. Complementariamente, para el engorde, las mejoras tecnológicas propuestas darían lugar a modelos productivos zonales con una invernada de menor duración y más eficiente que la actual. Esto se traduciría en un peso de faena menor al actual, pero con una faena anual mayor a la actual, en promedio y a nivel nacional. Ambas mejoras implicarían, anualmente, una mayor producción de terneros y un engorde más rápido, faenando más animales de menor peso individual. Este conjunto de tecnologías aplicadas a ganadería, darían lugar a una disminución en las emisiones por kilo vivo producido cercanas al 16%.



Se ha desarrollado un **análisis multicriterio** con la participación de actores relevantes para evaluar las diferentes tecnologías propuestas, con el fin de priorizar las de mayor impacto y menor costo de implementación. De acuerdo al puntaje recibido, obtenido mediante la valoración de criterios predefinidos para las tecnologías, en el caso de Agricultura la opción “investigación para determinar factores de emisión locales” y el estímulo a “incorporar gramíneas a la rotación de cultivos” fueron las de mayor impacto o menor costo-beneficio, y recibieron el mayor puntaje.

En Ganadería, la “Adopción de tecnologías de procesos en Cria” fue identificada como de mayor impacto que las tecnologías para la fase de engorde. Esto si bien es algo más complejo de concretar, es el camino de mayor impacto para el sector ganadero en los aspectos evaluados

Se identificaron las **barreras** que podrían existir en nuestro país para el desarrollo y adopción de las tecnologías propuestas, tanto en el campo técnico, económico, político y social. En función de dicho análisis, se presentan recomendaciones e instrumentos de política para superar las principales barreras y generar ambientes propicios para la transferencia de tecnología.

Las recomendaciones para un **marco facilitador** se enmarcan en líneas de acción vinculadas al desarrollo de Sistemas Nacionales de Innovación y Fortalecimiento de capacidades humanas e institucionales, el marco legal y de política macroeconómica y la educación fundamentalmente orientada a modernizar el sistema de educación de escuelas rurales.

Al igual que en los sectores precedentes, el **Plan de Acción** establece un objetivo central, lista barreras y necesidades y líneas de acción para superarlas. Además se sugieren actividades concretas para implementar las líneas de acción, estableciendo posibles actores, tiempos y un presupuesto estimado en 816.000 dólares.

El Plan de Acción propuesto incluye las siguientes líneas de acción:

#### **Regulatorias**

- Revisar el marco regulatorio actual e incorporar lineamientos para la aplicación de innovaciones tecnológicas y prácticas para optimizar del uso del nitrógeno en actividades agrícolas y ganaderas.
- Diseñar de políticas agrícolas que contemplen las diferentes dimensiones de la sustentabilidad teniendo en cuenta la diversidad de las regiones productivas del país.

#### **Económicas**

- Desarrollar un esquema de incentivos para acelerar la adopción de tecnologías y prácticas para la reducción de emisiones en el sector.

#### **Difusión, capacitación, articulación Institucional**

- Concientizar sobre beneficios del uso y manejo de nitrógeno en las actividades agrícolas y ganaderas para promover la adopción responsable, constante y masiva de tecnologías para el logro de resultados significativos.
- Incluir en las carreras de grado contenidos relativos a nuevas tecnologías y herramientas para el uso y manejo eficaz del nitrógeno, incluyendo entre otros temas: sistemas de información geográficos, modelos matemáticos de simulación de cultivo, sensores remotos, geoestadística.

- Modernizar el sistema de educación de escuelas rurales, incluyendo obras de infraestructura y contenidos que posibiliten lograr una mayor tecnificación de las actividades, especialmente en tecnologías de “procesos” y particularmente en ganadería.
- Fortalecer instituciones, educativas- científicas- técnicas promoviendo el desarrollo de una metodología y protocolo común para trabajar en red.

### **Tecnológicas**

- Planificar, coordinar y financiar el estudio de factores de emisión para las distintas combinaciones de clima, suelo y tipo de cultivo del país.

El Plan menciona también otras líneas de acción actualmente en vigencia o planificadas por distintos organismos, destacadas por su contribución o potencial sinergia y articulación con futuras acciones y proyectos derivados de la ENT. Se detallan asimismo los actores estratégicos con representación en la cadena de valor y gestión del sector, que deberían involucrarse en las medidas sugeridas.

Los beneficiarios directos del conjunto de medidas planteadas serían los productores locales, importadores y distribuidores de fertilizantes.

La **idea de proyecto** propuesta consiste en realizar un análisis del impacto de la Fertilización a Dosis Variable sobre las emisiones de GEIs para distintas zonas de la Argentina. Este estudio sería de alcance nacional para los cultivos de secano de producción extensiva.

Su principal virtud reside en profundizar en el análisis de tecnologías que permitirían intensificar el uso de insumos agrícolas, en este caso fertilizantes, maximizando el beneficio económico y la sustentabilidad del sistema de producción. Adicionalmente se espera determinar los actores involucrados y el grado de capacitación necesario para su adopción en las distintas zonas del país y detectar si es necesario incluir nuevos contenidos en la formación de técnicos e ingenieros agrónomos, tales como uso de Sistemas de información geográficos, modelos matemáticos de simulación de cultivo, sensores remotos, geoestadística, entre otros.

Finalmente, cabe destacar en este sector el impacto tanto de las tecnologías analizadas, como así el también el valor que tiene la investigación acerca de los factores de emisión y de las variables que intervienen en las emisiones. No obstante, la cuestión referida a los cultivos que participan en la rotación agrícola es clave cuando se analizan las emisiones totales. Medidas que contemplen cuestiones económicas y de tipo ambiental, tales como las emisiones de GEI y la sustentabilidad del recurso suelo, pueden dar lugar a un nuevo incentivo para la inclusión de gramíneas en las zonas más alejadas de los puertos, que son las más proclives al cultivo de oleaginosas.

Es relevante considerar en el crecimiento de la producción de granos, la demanda futura de fertilizantes nitrogenados y el grado de autoabastecimiento que tendrá el país hacia el año 2020.

En ganadería las emisiones totales de óxido nitroso y GEIs en la producción de carne son difícilmente reducibles en términos absolutos. Sin embargo, es factible la disminución de las emisiones por unidad de producto tanto de óxido nitroso como de GEI totales, por incremento de la producción de carne por cabeza, en el orden del 20%.

# ASPECTOS GENERALES



- 1. INTRODUCCIÓN***
- 2. POLÍTICAS NACIONALES***
- 3. ASPECTOS INSTITUCIONALES***
- 4. SELECCIÓN DE SECTORES***

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. Sobre el proyecto ENT

Las Evaluaciones de Necesidades Tecnológicas (ENT) son parte del Programa Estratégico de Poznan sobre Transferencia de Tecnología, impulsado y acordado en 2008 en la 14ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

En este contexto, desde 2009, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) dispuso el financiamiento de esta iniciativa, cuya agencia de implementación es la División de Tecnología, Industria y Economía del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con el apoyo técnico del Risoe Center de Dinamarca. Ambas instituciones vienen promoviendo y apoyando la ejecución de ENTs y Planes de Acción de Tecnología en aproximadamente 36 países, entre los cuales se encuentra la Argentina.

Las ENT son un conjunto de actividades que identifican, analizan y priorizan, de manera participativa, las necesidades tecnológicas de los países -incluyendo nuevos equipos, técnicas, servicios, capacidades y habilidades- necesarios para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) y reducir la vulnerabilidad frente a los impactos del cambio climático en sus territorios. La *Tabla 1.1.*, presenta los objetivos principales de la ENT.

El proyecto propone identificar las tecnologías disponibles a nivel mundial para los sectores seleccionados a través del estudio, priorizando y examinando aquellas susceptibles de ser incorporadas al sistema productivo nacional, mediante la transferencia desde otros países como así también a través de su desarrollo local.

Adicionalmente, describe las barreras que demoran o impiden la transferencia, el desarrollo e implementación de las tecnologías seleccionadas, sugiriendo una serie de medidas para hacer frente a estos obstáculos, incluyendo la creación de capacidad.

Las ENT incluyen además la elaboración de un Plan de Acción de Tecnología Nacional (PAT) que recomienda un marco propicio para la difusión e

**Tabla 1.1. Objetivos del Proyecto ENT**

- Identificar y priorizar, a través de un proceso participativo en los países, tecnologías que puedan contribuir a las metas de mitigación y adaptación en los países participantes en línea con las metas nacionales de desarrollo sustentable y prioridades tecnológicas.
- Identificar barreras para el desarrollo, la transferencia y la difusión de tecnologías prioritarias y desarrollar marcos instrumentales para superar las barreras y facilitar la implementación de las tecnologías seleccionadas.
- Desarrollar Planes de Acción Tecnológicos (PATs) especificando plan de actividades (sobre la base de marcos instrumentales) en los niveles sectoriales y transversales para facilitar el desarrollo, la transferencia, adopción y difusión de las tecnologías en los países participantes.

**Fuente: Elaboración propia**

implementación de tecnologías priorizadas en el proceso y facilita la identificación de ideas de proyectos. En el PAT se abordan sistemáticamente las medidas prácticas necesarias para reducir o eliminar las barreras relacionadas con la implementación de tecnologías identificadas, esperando que puedan articularse con las políticas y medidas ya existentes en los diferentes sectores abordados en el proyecto.

La ENT es un proceso que involucra las siguientes etapas:

1. Definición de un Equipo nacional TNA
2. Involucramiento de representantes de diversos sectores
3. Identificación de prioridades de desarrollo del país
4. Priorización de sectores y subsectores
5. Priorización de tecnologías mediante análisis multi-criterio.
6. Identificación de barreras para el desarrollo, difusión y aceleración de uso de las tecnologías.
7. Elaboración de Planes de Acción

La ENT constituye una importante herramienta para hacer frente a los retos asociados al cumplimiento de compromisos asumidos por los países, en el contexto de la CMNUCC y representa, a su vez, un significativo aporte a los planes nacionales de desarrollo vigentes. Asimismo, dado que como resultado del proceso ENT se cuenta con una cartera de proyectos concretos -con tecnologías e instrumentos asociados para superar barreras de implementación, mensurados en cuanto a su potencial de reducción de GEIs y priorizados en base al consenso inter sectorial- brinda la posibilidad de hacer un uso más eficiente de programas e instrumentos de cooperación internacional, tales como el GEF, el Climate Investment Fund (CIF), el Clean Technology Fund (CTF), como así también de futuros instrumentos como las Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAs, por sus siglas en inglés) y el Fondo Verde para el Clima -actualmente en discusión bajo la CMNUCC- que prevén el apoyo financiero y tecnológico.

## **1.2. Desarrollo de la ENT a nivel nacional**

Considerando el rol clave de la ciencia interdisciplinaria y la innovación en la transición hacia un desarrollo sustentable y economías bajas en carbono, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación a través de sus líneas políticas fomenta un sistema de investigación articulado con el sistema productivo y social capaz de ser la base de diversos desarrollos tecnológicos, entre los que se encuentran aquellos orientados a la mitigación y la adaptación al cambio climático.

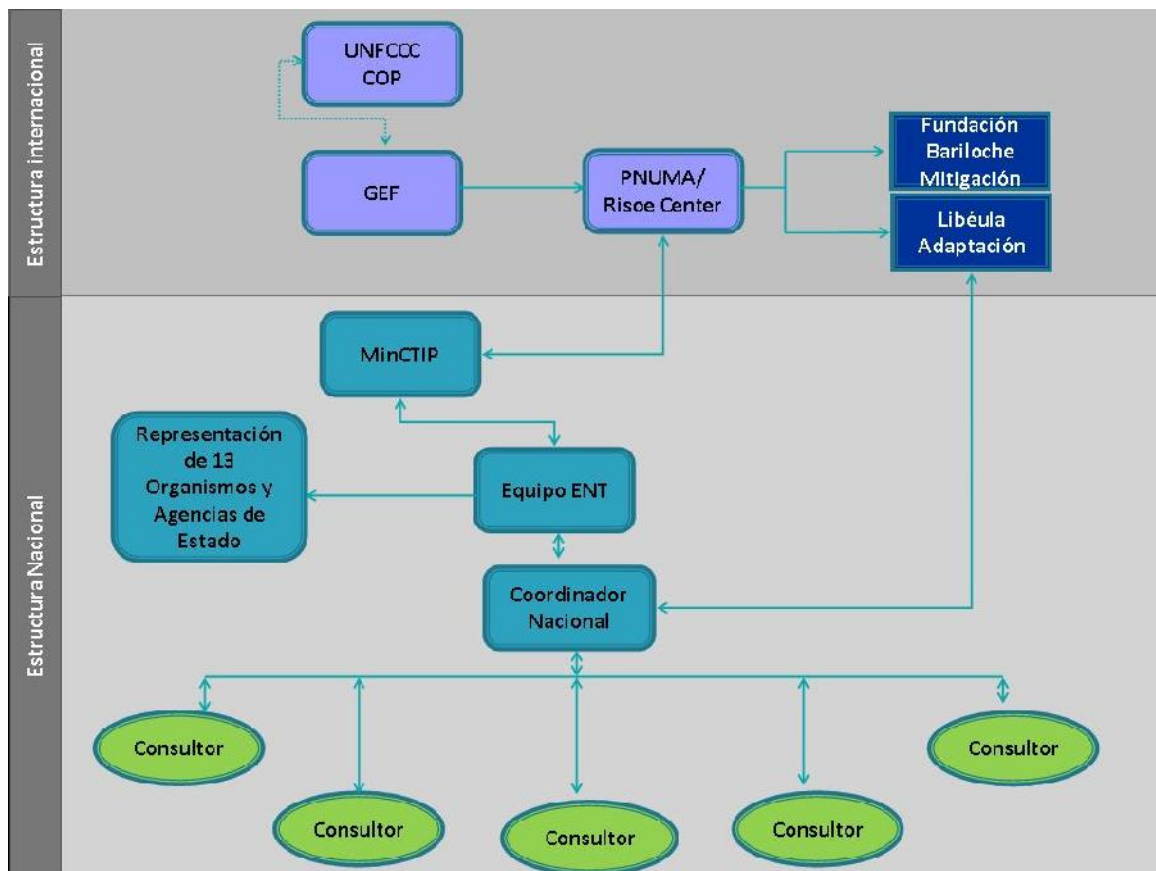
En acuerdo con sus líneas de acción el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCTIP) a través de la Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva dio impulso al proyecto ENT en Argentina iniciando el proceso a partir de 2010, mediante un Memorando de Entendimiento con PNUMA/Risoe Center.

Para su desarrollo ha creado una estructura de trabajo donde MinCTIP actúa como coordinador nacional. Como punto focal del proyecto y articulador entre las partes ha designado un Coordinador de Proyecto. Por otra parte, ha conformado un Equipo ENT integrado por Organismos Nacionales y Agencias científicas-tecnológicas del Estado, a fin de asegurar la

inclusión de diferentes visiones y dar respuesta a las necesidades tecnológicas sectoriales, como así también garantizar la articulación de los resultados de los estudios con políticas actualmente en curso. Como responsables de la elaboración de los diferentes estudios enmarcados en la ENT ha conformado un Equipo de Consultores especializados en las diferentes áreas de estudio.

La contraparte global está conformada por el GEF, quien financia las ENTs en el marco de la UNFCCC. El PNUMA/Risoe Center es quien las dirige técnicamente y para América Latina se cuenta con la asesoría técnica de dos Centros Regionales: La Fundación Bariloche en materia de mitigación y Libélula en adaptación.

**Figura 1.1. Estructura institucional ENT internacional y nacional.**



Fuente: Elaboración propia

El proceso ha permitido priorizar 4 sectores y también subsectores que coinciden con aquellos más relevantes, en términos de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEIs), identificados en la Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a la Conferencia de las Partes de la CMNUCC (SCN, 2007), como así también otros estudios vinculados al tema pertenecientes a la Fundación Bariloche.

El proceso de elaboración de la ENT se ha conducido mediante talleres y reuniones desarrollados durante 2010 y 2011, donde se reunió al Equipo ENT y otras partes interesadas a fin de dar cumplimiento a las diferentes etapas de la ENT y que se desarrollan en las secciones siguientes.

### **1.3. Políticas nacionales en cambio climático**

El potencial de articulación con políticas, planes y programas relacionados con cambio climático actualmente en ejecución, por parte de diferentes organismos y agencias del estado nacional, fue uno de los criterios puestos en común y consensuados durante las reuniones y talleres realizados en el marco de la ENT. En este sentido, los sectores, las áreas específicas de estudio y tecnologías priorizadas guardan relación con el marco institucional del Estado para el desarrollo tecnológico con énfasis en la mitigación y adaptación al cambio climático.

Cabe destacar que Argentina está comprometida, por propia voluntad, a sumarse a los esfuerzos de la comunidad internacional en materia de mitigación y especialmente de adaptación, entendiendo que es necesario reducir los impactos adversos del cambio climático, así como aprovechar sus consecuencias beneficiosas. Reconoce asimismo, que los principios en los que se debe basar la contribución de la comunidad internacional, son los ya establecidos en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), en particular los principios de equidad y de responsabilidades comunes pero diferenciadas entre países.<sup>4</sup>

Este compromiso se ve reflejado en la ratificación de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en 1994 mediante la Ley Nº 24.295, que designa como autoridad de aplicación a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable (SAyDS) y, mediante la Ley Nº 25.438 aprueba el Protocolo de Kyoto (PK) en 2001.

En este sentido, si bien Argentina no cuenta con compromisos cuantitativos de reducción de emisiones debe realizar comunicaciones nacionales y formular las políticas en materia de cambio climático relacionadas con la CMNUCC y el Protocolo de Kioto.

Abordar medidas para mitigar el cambio climático es relevante para el país dado que es potencialmente vulnerable a los impactos de este fenómeno. Según la Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a la Conferencia de las Partes de la CMNUCC (SCN, 2007), su potencial vulnerabilidad esta dado por su perfil productivo, que presenta un alto porcentaje de exportaciones agrícolas y de manufacturas de origen agropecuarias, sumado a su alta dependencia de la generación hídrica para la producción de electricidad.

En la SCN, se afirma que en la mayor parte del territorio argentino y en muchas regiones vecinas de los países limítrofes hubo notables tendencias climáticas durante las últimas 3 o 4 décadas, muy probablemente relacionadas con el calentamiento global. Las proyecciones del clima para este siglo resultan preocupantes porque el clima es uno de los más importantes activos físicos de la Argentina. Asimismo, de acuerdo a los diversos estudios de la SCN, entre los principales impactos vinculados a los cambios del clima, que requieren respuestas de adaptación, se pueden mencionar (*Se amplía información en el ANEXO I*):

---

<sup>4</sup> Informe ODM, 2012. Dirección de Cambio Climático, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

- a) Aumento de las precipitaciones medias anuales en casi toda la Argentina y muy especialmente en el noreste y en la zona oeste periférica a la región húmeda tradicional.
- b) Aumento de la frecuencia de precipitaciones extremas en gran parte del este y centro del país.
- c) Aumento de la temperatura en la zona cordillerana de la Patagonia y Cuyo con retroceso de glaciares.
- d) Aumento de los caudales de los ríos y de la frecuencia de inundaciones en todo el país excepto en San Juan, Mendoza, Comahue y Norte de la Patagonia.
- e) Retroceso de los caudales de los ríos de origen cordillerano en San Juan, Mendoza y Comahue.
- f) Afectación del litoral marítimo argentino con el aumento de la temperatura del océano, cambios en la circulación de las corrientes marinas y el ascenso del nivel medio del mar.
- d) Impacto potencial del cambio climático en los rendimientos de los cultivos de trigo, maíz y soja. Habría un equilibrio con mayor producción de granos en el sur y pérdidas en el norte.
- g) Extensión de la distribución geográfica de vectores de enfermedades tropicales infecciosas sobre Argentina.

Se listan a continuación las políticas nacionales en cambio climático que contextualizan los análisis realizados en la ENT. Cabe mencionar, que el involucramiento y participación activa de representantes de los organismos y agencias de estado, como parte del Equipo Nacional ENT, ha facilitado la distinción de las iniciativas relevantes en las fases primarias del estudio y permiten prever, posteriormente, un uso intensivo de la información elaborada en cada uno de los estudios como así también una fluida integración los resultados obtenidos en las políticas sectoriales.

- **Estrategia Nacional en Cambio Climático (ENCC)**

La Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, es el organismo encargado de la elaboración e implementación de las políticas nacionales sobre cambio climático y responsable de la inclusión de la temática en las políticas sectoriales.

En tal sentido, frente a la necesidad de proponer una visión unificada respecto de la temática que permita adoptar políticas y medidas gubernamentales coordinadas y consolidadas vinculadas al cambio climático, inicio en 2009 el proceso de elaboración de la Estrategia Nacional en Cambio Climático (ENCC)<sup>5</sup>. Como primer paso constituyó el Comité Gubernamental de Cambio Climático, siendo uno de los objetivos de esta instancia de articulación institucional impulsar y ser parte del proceso de elaboración de la Estrategia Nacional en Cambio Climático.

Cabe destacar que el proceso ENT ha logrado una importante sinergia con el proceso de la ENCC, lo que se visualiza no solo porque los resultados de la ENT retroalimentan el contenido de la misma, que cuenta con un documento dinámico que se actualiza y mejora en sucesivas fases, sino porque miembros del Comité Gubernamental de Cambio Climático, son a su vez parte del Equipo Nacional ENT y cuentan con vasto conocimiento y experiencia en procesos participativos para abordar transversalmente la temática.

---

<sup>5</sup> Documento "Segunda Fase de la Elaboración de la Estrategia Nacional en Cambio Climático" disponible en <http://www.ambiente.gob.ar/?idarticulo=9752>.



En el Comité Gubernamental de Cambio Climático participan representantes de más de 20 organismos de Estado y las provincias se encuentran representadas por el Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) y el Consejo Hídrico Federal (COHIFE). También participan representantes de la sociedad civil, del sector científico, del sector privado y del sector de los trabajadores quienes son convocados a reuniones periódicas en las que se presentan y acuerdan los avances en el documento de la Estrategia.

La Estrategia Nacional en Cambio Climático se estructura en dos objetivos generales:

1. *Identificar, promover e implementar medidas de adaptación al cambio climático, incluyendo los impactos propios de la variabilidad climática, en especial en aquellas poblaciones, actividades productivas y ecosistemas particularmente vulnerables.*
2. *Desarrollar políticas, medidas y acciones que contribuyan a limitar el crecimiento de las emisiones de GEI sin comprometer el desarrollo sustentable del país.*

Transversalmente para ambos objetivos se identifican los medios necesarios y lineamientos para alcanzarlos en el corto y mediano plazo. Estos son: los arreglos y fortalecimiento institucional, la generación de recursos, difusión y capacitación y marco regulatorio. Asimismo, presenta una serie de alrededor de 120 acciones organizadas en torno a 14 ejes (*Tabla 1.2.*), los cuales están vinculados a adaptación, mitigación, cambios de estilo de vida en la población y coordinación entre acciones nacionales e internacionales en la materia. (*Ver estructura completa en ANEXO II*)

**Tabla 1.2. Ejes de Acción Estrategia Nacional en Cambio Climático**

EJES DE ACCIÓN ENCC
1- Incorporar consideraciones de gestión integral del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático a los procesos de planificación territorial.
2- Fortalecer los sistemas agropecuario y forestal y la seguridad alimentaria, disminuyendo la vulnerabilidad al cambio climático.
3- Fortalecer los procesos de gestión de la salud frente al cambio climático.
4- Fortalecer la gestión de los recursos naturales bajo los escenarios de cambio climático y variabilidad climática.
5- Fortalecer los sistemas de monitoreo, medición y modelado de variables ambientales (especialmente hidrológicas y meteorológicas) y variables socioeconómicas.
6- Incorporar consideraciones de adaptación al cambio climático en los sistemas productivos, incluyendo la planificación de la infraestructura.
7- Promover la producción y el uso racional y eficiente de la energía.
8- Promocionar y expandir la incorporación de fuentes de energía limpia en la matriz energética de manera que sean técnica, económica, ambiental y socialmente viables.
9- Promover prácticas más eficientes en los procesos de producción del sector industrial para limitar emisiones de GEI.

10- Promover el ordenamiento ambiental del territorio.
11- Promover el desarrollo e implementación de prácticas agropecuarias y forestales sustentables.
12- Incrementar la eficiencia energética en el sector transporte.
13- Promover cambios en estilos de vida de la población.
14- Promover la coordinación de las acciones nacionales con la actividad internacional en la materia

**Fuente: Elaboración propia**

Actualmente la Estrategia se halla en una fase tendiente a la definición de metas e indicadores, para lo cual se están asignando competencias para las acciones propuestas en la Estrategia Nacional en Cambio Climático, de acuerdo con los Organismos del Estado con mayor injerencia e interés en cada acción acordada. En este contexto, los resultados de la ENT serán analizados en las comisiones de trabajo para la elaboración de propuestas de acción con sus respectivas metas e indicadores.

- **Tercera Comunicación Nacional**

La Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, a través de la Dirección de Cambio Climático, en cumplimiento de los compromisos asumidos por la República Argentina con la CMNUCC, ha realizado y presentado oficialmente dos comunicaciones nacionales y actualmente ha iniciado la realización de la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático<sup>6</sup> (TCN). Ésta, además de comunicar a la CMNUCC el estado de situación del país respecto del cambio climático, tiene como objetivo central desarrollar estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático integradas a los planes de desarrollo sectoriales y elaboradas a partir de la participación y el consenso de todos los actores de la vida social, económica y productiva del país, incluyendo a los organismos de los estados nacional, provincial y municipal, de las organizaciones de la sociedad civil y de las instituciones científicas y académicas.

El proceso de elaboración de la TCN cursado hasta el momento, ha incluido la realización de talleres de diálogo con actores relevantes para definir los objetivos específicos y alcances de los diferentes estudios y otras actividades a realizar dentro del marco de la TCN, perfilar las actividades de capacitación y difusión para la necesaria concientización pública y el fortalecimiento de capacidades intermedias para el mejor desarrollo del proyecto. Asimismo, ha consensuado la dinámica de trabajo que debería regir para los equipos de expertos y los mecanismos de intercambio de información entre las distintas partes intervinientes.

Los componentes de la TCN han sido considerados y analizados por el Equipo de la ENT a fin de evitar superposiciones en el contenido de los estudios en ambos proyectos, y promover la sinergia entre los mismos.

---

<sup>6</sup> información general, componentes disponibles en: <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>

- **Política Internacional en Cambio Climático**

En materia de elaboración y ejecución de las políticas sobre cambio climático puertas afuera del país, es el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto quien esta cargo de dichas tareas según la Ley de Ministerios vigente. En este sentido, este Ministerio, a través de la Dirección General de Asuntos Ambientales (DIGMA), es quien trabaja en conjunto con la SAYDS y otros organismos y agencias de estado en la elaboración de la posición del país en los diferentes foros internacionales sobre cambio climático y participa sistemáticamente de las negociaciones en el marco de las Conferencias de las Partes de la CMNUCC.

En este último contexto DIGMA da seguimiento y toma en consideración las decisiones del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT), que asesora a la Conferencia de las Partes sobre cuestiones relativas al clima, el medio ambiente, la tecnología y los métodos y, el Órgano Subsidiario de Ejecución (OSE), cuya función es evaluar la implementación de la CMNUCC, el Protocolo de Kioto y sus decisiones, entre ellas un marco para la adopción de medidas para aumentar y mejorar la transferencia de tecnología. Estos Órganos cuentan además con un Grupo de Expertos en Transferencia de Tecnologías para apoyar el trabajo y la toma de decisiones del OSACT. Cabe destacar que las ENT derivan de estas instancias de trabajo.

En vinculación con los aspectos internacionales durante el proceso nacional ENT se ha abordado el tema del financiamiento que deriva de la CMNUCC, ya que éste constituye uno de los elementos centrales que favorecen un entorno propicio para el desarrollo y la transferencia de tecnologías que se analizan y priorizan en los estudios.

El GEF, como mecanismo financiero de la CMNUCC tiene el mandato de suministrar recursos necesarios para el apoyo de la transferencia de tecnología de acuerdo con las directrices impartidas por la Conferencia de las Partes (CP). De esta forma brinda financiamiento para las ENT y a través de sus fondos fiduciarios promueve el desarrollo, demostración, despliegue y difusión de tecnologías ambientalmente racionales, especialmente para mitigación. En este sentido, se han puesto en consideración los lineamientos del GEF 5, para aspectos vinculados a tecnologías. Cabe destacar que Argentina ha sido destinatario de donaciones GEF a través de la ventanilla de cambio climático para 8 proyectos que tienen componentes tecnológicos, incluyendo 2 Comunicaciones Nacionales.

Por otra parte, se ha establecido el potencial de articulación de los resultados de la ENT con las Acciones de Mitigación Apropriadas a Nivel Nacional (NAMAS, por sus siglas en inglés) y Acciones Nacionales Apropriadas de Adaptación (NAPAs, por sus siglas en inglés). Si bien estos instrumentos están en proceso de definición en el marco de la CMNUCC permitirían canalizar recursos financieros y tecnológicos para implementar proyectos que incluyan el desarrollo tecnológico nacional.

Otros de los aspectos que merecen seguimiento en el ámbito internacional es la creación del Mecanismo para la Transferencia de Tecnologías, establecido como uno de los Acuerdo de Cancún (2010). El principal objetivo de dicho mecanismo es acelerar el desarrollo, despliegue y transferencia de tecnologías amigables al clima, en particular para países en desarrollo contando para ello con un Comité Ejecutivo de Tecnología (TEC, por sus siglas en inglés) que hará

recomendaciones sobre las necesidades tecnológicas y el Centro y Red de Tecnología del Clima (CTCN, por sus siglas en inglés), el brazo operativo que dará servicio a los países en desarrollo y facilitará una red de centros de tecnología nacionales, regionales, sectoriales e internacionales. Si bien el mecanismo aún no es operacional y efectivo los avances en las sucesivas negociaciones permitirán determinar su funcionamiento y su vínculo con el Fondo Verde del Clima.

- **Políticas Sectoriales en Cambio Climático**

Los siguientes planes y programas sectoriales con injerencia en los temas de la ENT fueron considerados como base para la selección de sectores y priorización de tecnologías:

**Tabla 1.3. Planes y programas sectoriales considerados en la ENT**

<b>Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa Argentina CONECTAR para el fortalecimiento y articulación de redes de observación del clima.</li> <li>• Políticas e instrumentos de financiamiento en curso o proyectados destinados a apoyar: proyectos innovadores, emprendimientos tecnológicos, investigaciones en ciencia y tecnología, formación y repatriación de recursos humanos, modernización de infraestructura y equipamiento.</li> </ul>
<b>Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan Estratégico Agroalimentario Nacional (PEA2 2010-2020)</li> <li>• Programa Nacional de Biocombustibles</li> </ul>
<b>Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrategia Nacional en Cambio Climático</li> <li>• Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (TCN)</li> <li>• Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (PNGIRSU)</li> </ul>
<b>Liderados por la Secretaría de Energía</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planeamiento Energético Nacional (PLAENER)</li> <li>• Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PNUREE)</li> <li>• Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER)</li> <li>• Programa de Generación con Energías Renovables (GENREN)</li> </ul>
<b>Secretaría de Transporte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconexión del Sistema Ferroviario Nacional con el Puerto de Buenos Aires</li> <li>• Renovación y puesta en valor de estaciones terminales de Ferrocarriles</li> <li>• Reactivación Ferroviaria Belgrano Cargas</li> <li>• Hidrovía Paraguay - Paraná</li> </ul>

#### **Secretaría de Industria**

- Plan Estratégico Industrial Argentina 2020
- Programa Sistemas Productivos Locales
- Programa de Financiamiento Productivo del Bicentenario

#### **Subsecretaría de Recursos Hídricos**

- Plan Nacional Federal de los Recursos Hídricos (PNFRH)
- Programa Sistema Nacional de Información Hídrica (SNIH)

#### **Servicio Meteorológico Nacional**

- Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME)

**Fuente: Elaboración propia**

### 3. ARREGLOS INSTITUCIONALES

#### 3.1. Estructura ENT nacional

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCTIP) creó una estructura de trabajo para la ENT (*Figura 1.2*) donde actúa como coordinador nacional, siendo su responsabilidad primaria la de promover el apoyo político para el desarrollo de la ENT y sus fases posteriores. Además designó un Coordinador de Proyecto, que es el punto focal y su rol es facilitar la comunicación entre las partes interesadas, interactuar con el equipo de consultores, dirigir los estudios técnicos, promover y desarrollar los procesos de consulta. Asimismo, es el encargado de la preparación de los reportes.

Figura 1.2. Estructura ENT Nacional



Fuente: Elaboración propia

Como parte de la estructura, se creó el Equipo ENT el cual está conformado por Organismos del Estado responsables de la implementación de las políticas, planes y programas específicos vinculados con la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) y la reducción de la vulnerabilidad y adaptación frente a los impactos del cambio climático. Incluye además a las agencias científicas-tecnológicas del Estado, que tienen como responsabilidad la investigación, la innovación, el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías o bien la adaptación al medio local de tecnologías transferidas desde otros países. De esta forma el Equipo esta integrado por 13 instituciones que se enumeran en la *tabla 1.4*.

El Equipo ENT Nacional ha tenido la responsabilidad de desarrollar los criterios para la selección de sectores y áreas específicas de trabajo, la priorización de tecnologías dentro de cada sector, la elaboración de lineamientos y revisión de los TdR de los consultores encargados de la elaboración de los estudios. Además han facilitado información disponible en las instituciones que representan y han tenido a su cargo el seguimiento y revisión de los informes de los consultores y del informe final, incluido el Plan de Acción Tecnológica.

**Tabla 1.4. Listado de Instituciones que conforman el Equipo ENT**

EQUIPO ENT	
1.	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca
2.	Ministerio de Economía
3.	Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Jefatura de Gabinete de la Nación
4.	Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal en Inversión Pública y Servicios
5.	Secretaría Transporte, Ministerio de Planificación Federal en Inversión Pública y Servicios
6.	Subsecretaría de Recursos Hídricos, Secretaría de Obras Públicas, Ministerio de Planificación Federal en Inversión Pública y Servicios
7.	Secretaría de Industria, Comercio y PyME, Ministerio de Industria
8.	Dirección General de Asuntos Ambientales, Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto
9.	Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)
10.	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
11.	Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)
12.	Instituto Nacional del Agua (INA)
13.	Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

**Fuente: Elaboración propia**

Para la elaboración de los diferentes estudios específicos de la ENT el MinCTIP lanzó una convocatoria pública dirigida a científicos e instituciones científicas-tecnológicas, a través de su portal en Internet. Para evaluar a los proponentes se elaboraron una serie de criterios de selección, los cuales se muestran a continuación:

- Experiencia en estudios similares
- Otros estudios relacionados con la temática
- Nivel académico
- Años de actividad en relación a la temática
- Número de trabajos publicados en revistas y congresos relacionados con la temática
- Potencial de transferencia de conocimientos (por ejemplo tipo de institución a la que pertenece el consultor)

La convocatoria pública, realizada durante los meses de marzo y abril de 2011, tuvo una participación de 9 instituciones y dos consultores individuales. Los consultores adjudicados y su filiación institucional, incluido el grupo de investigación y desarrollo al cual pertenecen (*Tabla 1.5*).

**Tabla 1.5. Equipo de Consultores**

Área de Estudio	Consultor Seleccionado
1. Tecnologías para la cogeneración de calor y electricidad en pequeñas y medianas industrias	Dra. Ana Lea Cukierman Programa de Investigación y desarrollo de Fuentes Alternativas de Materias Primas y Energía (PINMATE). Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (UBA)
2. Tecnologías para mejorar la transferencia modal en el transporte de carga de productos agrícolas	Lic. José Barbero Instituto Tecnológico Ferroviario "Scalabrini Ortiz" – Universidad Nacional de San Martín
3. Tecnologías para el aprovechamiento energético de residuos urbanos y de los sectores agrícola, ganadero y agroindustrial	Ing. Estela Santalla Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
4. Tecnologías para optimizar el uso del Nitrógeno en las actividades agrícolas-ganaderas	Dr. Gabriel Vázquez Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA)
5. Tecnologías para la observación y medición de variables climáticas e hidrológicas	Dr. Enrique Puliafito Grupo de Estudios Atmosféricos y Ambientales – Universidad Tecnológica Nacional Mendoza

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.2. Involucramiento de partes interesadas

El involucramiento de las partes interesadas, se ha realizado bajo las modalidades de taller nacional, reuniones sectoriales, contactos vía Email para informar avances, solicitud de información puntual o de respuestas a encuestas específicas.

Durante el proceso se han desarrollado 3 reuniones y un taller nacional que se realizó en abril de 2010, donde quedó conformado el Equipo y se contó con la participación de expertos de Riso Center y el Coordinador Nacional. En dicha oportunidad y en reuniones sucesivas se planteó un plan de trabajo con asignación de responsabilidades y cronogramas.

En general el desarrollo de las reuniones y ejecución del plan de trabajo se vieron facilitados dada la experiencia de los miembros del Equipo ENT en procesos participativos, ya varios de ellos conforman el Comité Gubernamental de Cambio Climático como así también participan en diversas redes interinstitucionales. Asimismo, el rol del Coordinador Nacional fue clave en este sentido facilitando las comunicaciones, sistematizando resultados de las reuniones y articulando



visiones y sugerencias de las diferentes partes interesadas para promover avances efectivos en las fases del proyecto. Los principales obstáculos que se presentaron en el proceso estuvieron vinculados a la dificultad de sostener en el tiempo el apoyo y compromiso político hacia un proyecto que si bien tiene potencial de aplicabilidad a futuro, en el corto plazo no constituye una acción directa en el territorio.

Otras partes interesadas del sector científico-tecnológico y del sector privado fueron convocados a lo largo del desarrollo del proyecto bajo diferentes modalidades a fin de discutir el proyecto desde su inicio y recoger sus opiniones al respecto. Una de las principales fue la invitación de los mismos a participar del taller nacional de junio de 2010 junto al Equipo Nacional ENT y el Coordinador Nacional. En una segunda instancia, los consultores fueron quienes convocaron, dichas partes interesadas, bajo la supervisión del Coordinador Nacional, para discutir los avances de los estudios y solicitar su participación en la evaluación de las distintas tecnologías, información que fue posteriormente incorporada al Análisis Multicriterio desarrollado para la evaluación integral de las diferentes tecnologías analizadas para cada sector.

## 4. ANÁLISIS DE SECTORES

### 3.1. Criterios y resultados de la selección de sectores de la ENT

Para el cumplimiento de las etapas de la ENT y sus productos asociados, el Equipo ENT, el Coordinador Nacional y MinCTIP han determinado, en primer lugar, pautas generales para la selección de sectores. Estas apuntaron a la optimización de los recursos disponibles para la elaboración del proyecto y a la utilidad de los resultados para los diversos organismos con competencia en la materia, teniendo en cuenta los planes y programas de desarrollo del país actualmente vigentes. Posteriormente, incluyendo a otros actores relevantes, se han consensuado criterios específicos que rigieron la selección de sectores y guiaron la elaboración de los estudios. Estos se detallan en la *tabla 1.6*.

**Tabla 1.6. Criterios de selección de sectores prioritarios para la ENT**

CRITERIOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Optimización de los recursos económicos y tiempos disponibles</li><li>• Asegurar resultados aplicables a futuro</li><li>• Transversalidad entre sectores</li><li>• Articulación con planes y programas existentes</li><li>• Posibles sinergias entre mitigación y adaptación</li><li>• Potencial de reducción de emisiones por sector</li><li>• Potencial desarrollo local de tecnologías</li><li>• Beneficios adicionales al desarrollo</li><li>• Áreas de vacancia con respecto a la información disponible</li></ul>

Considerando los criterios detallados, se han seleccionado los sectores y subsectores (*Tabla 1.7*), para evaluar tecnologías con potencial de reducción de emisiones susceptibles de ser implementadas a nivel nacional.

**Tabla 1.7. Sectores y subsectores seleccionados**

SECTOR	SUBSECTOR	JUSTIFICACION
SECTOR ENERGÍA	Industria: tecnologías para la cogeneración de energía eléctrica y calor aplicable a la pequeña y mediana industria de los subsectores agroalimentario y foresto-industrial	<ul style="list-style-type: none"><li>• El sector energía es el más importante en términos de emisiones de GEI totales del país.</li><li>• Constituye un tema transversal a varios sectores</li><li>• Es parte de la planificación energética</li><li>• Presenta un importante potencial de mitigación de emisiones GEIs</li><li>• Presenta otros beneficios relacionadas a la seguridad energética</li><li>• Área con una relativa falta de información y análisis.</li></ul>

SECTOR TRANSPORTE	Agricultura: sistemas multimodales de transporte aplicados a productos agrícolas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La categoría transporte en su conjunto da cuenta del 13% de las emisiones del Sector Energía (cuya participación es del 50%, del total de emisiones del país), según estimaciones de 2005 de la Fundación Bariloche.</li> <li>• Constituye un tema transversal</li> <li>• Representa un aporte para programas en marcha de la Secretaría de Transporte y el Ministerio de Agricultura.</li> <li>• Los cambios modales presentan en Argentina un alto potencial de mitigación de emisiones GEIs</li> <li>• Ofrece oportunidades de sinergias con medidas de adaptación en el sector transporte</li> </ul>
SECTOR RESIDUOS	Energía: tecnologías para la producción de energía a partir de distintas corrientes de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sector residuos en su conjunto representa el 6% de las emisiones totales de GEI del país, según estimaciones a 2005 de la Fundación Bariloche. Dentro de este sector, se hallan las categorías Residuos Sólidos y Vertederos; Aguas Residuales Domésticas y Aguas Residuales Industriales, que son aboradas en la ENT. Se considera que el sector presenta un alto potencial de mitigación de emisiones.</li> <li>• Constituye un aporte para los planes de gestión de residuos que lleva adelante la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y de la planificación energética que lleva adelante la Secretaría de Energía, en su capítulo de energías alternativas.</li> <li>• Contribuye a la mitigación de GEIs no sólo por la reducción de emisiones de metano, sino también por la sustitución de combustibles fósiles.</li> <li>• Aporta a la generación de información y un mayor análisis sobre tecnologías específicas.</li> </ul>
SECTOR AGRICULTURA	Tecnologías para la optimización del uso del nitrógeno en la agricultura y ganadería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por su relevancia en las emisiones de GEIs -19% de las emisiones totales del país (Fundación Bariloche), a través de la formación de óxido nítrico- presenta un alto potencial de mitigación de emisiones GEIs.</li> <li>• Presenta sinergias con posibles medidas de adaptación en la agricultura</li> <li>• Área que requiere mayor información y un análisis detallado de las tecnologías disponibles y sus beneficios</li> </ul>

### 3.2. Contribución de los sectores a las emisiones de GEI

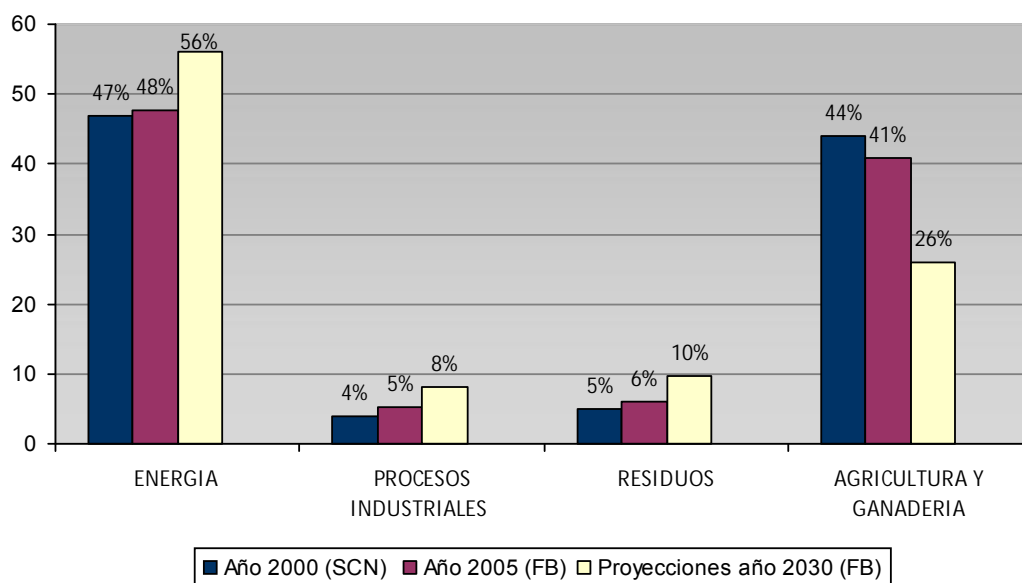
Las emisiones totales de GEI, excluyendo el sector de Cambio en el Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS), representaron un total de 282.000 Gigagramos (Gg) de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> eq) en el año 2000, según datos oficiales del Inventario Nacional de GEI (INVGEI) elaborado en el marco de la Segunda Comunicación Nacional (SCN) del Gobierno de la República Argentina a las Partes de la CMNUCC. Para el año 2005 de acuerdo a datos elaborados por La Fundación Bariloche<sup>7</sup>(FB) las

<sup>7</sup> Fundación Bariloche (2008). Argentina: Diagnóstico, Prospectivas y Lineamientos para definir Estrategias posibles ante el Cambio Climático. Producto 1: "Evolución anual de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la República

emisiones representaron un total de 311.291 Gg de CO<sub>2</sub>eq. Las proyecciones hacia 2030 indican que las emisiones crecerán un 89.83%, respecto de las contabilizadas para el año 2005, pasando a 590.912 Gg. de CO<sub>2</sub>eq, representando una tasa acumulativa anual (a.a.) de aumento del 2,5% (FB).

Los sectores seleccionados Energía, Agricultura y Residuos son los principales sectores emisores de GEIs para ambos años y continuarán con esa tendencia hacia 2030 (Figura 1.3).

**Figura 1.3. Participación de los diversos sectores en las Emisiones de GEI (incluyendo sector USCUS).**  
Años 2000 (SCN), Año 2005 y proyecciones 2030 (FB)



**Fuente: Elaboración Propia en base a datos de la Segunda Comunicación Nacional (SCN) y Fundación Bariloche (FB)**

A su vez, la mayoría los subsectores analizados en la ENT para la aplicación de tecnologías (el transporte y la industria manufacturera dentro del sector Energía, los subsectores residuos sólidos urbanos, aguas residuales domésticas y aguas residuales industriales dentro del Sector Residuos, el subsector uso de suelos agrícolas dentro del Sector Agricultura y Ganadería) forman parte de las 10 categorías que dan cuenta de más del 95% de las emisiones del país en el año 2005, tal como puede apreciarse en la *tabla 1.8*. Asimismo, las proyecciones de emisiones al 2030 según categorías, siguen mostrando la relevancia de estos sectores, aunque se observa un avance de categorías pertenecientes al Sector Energético, por sobre las actividades agropecuarias, debido principalmente a un estancamiento esperado en las actividades ganaderas y limitaciones respecto del área con potencialidad para ser dedicada a la actividad agrícola a lo largo del período considerado (FB).

---

Argentina en el período 1990-2005". Producto 2: "Proyecciones anuales de las emisiones de GEI, destacando en el análisis los años 2010, 2020 y 2030" Escenario Tendencial (BAU).

**Tabla 1.8. Porcentaje de emisiones por Categoría. Año 2005 y proyecciones 2030.**

Categoría	2005	% Acumulado	Categoría	2030	% Acumulado
Fermentación Entérica	20,33	20,33	Industria energética	19,40	19,40
Uso de Suelos Agrícolas	19,43	39,76	Uso de Suelos Agrícolas	15,13	34,53
Industria energética	13,05	52,81	Otros sectores	12,70	47,23
Transporte	12,08	64,89	Transporte	11,47	58,70
Residencia, Comercial, Agropecuario	11,63	76,52	Fermentación Entérica	10,29	68,99
Ind. manufacturera y const.	6,53	83,05	Ind. manufacturera y const.	9,59	78,59
Residuos Sólidos y Vertederos	4,12	87,17	Residuos Sólidos y Vertederos	7,87	86,45
Emisiones fugitivas	3,90	91,07	Producción de Metales	3,84	90,29
Producción de Metales	2,23	93,30	Emisiones fugitivas	2,88	93,17
Aguas Residuales Domésticas	1,51	94,81	Producción de Minerales	2,04	95,21
Producción de Minerales	1,22	96,03	Industria Química	1,58	96,79
Industria Química	1,14	97,17	Aguas Residuales Domésticas	1,31	98,11
Producción y Consumo de Halocarbonos y SF6	0,71	97,88	Producción y Consumo de Halocarbonos y SF6	0,72	98,83
Aguas Residuales Industriales	0,71	98,59	Aguas Residuales Industriales	0,62	99,45
Manejo de Estiércol de Animales	0,51	99,10	Manejo de Estiércol de Animales	0,33	99,78
Cultivo de Arroz	0,23	99,33	Cultivo de Arroz	0,16	99,94
Quema de Residuos Agrícolas	0,08	100,00	Quema de Residuos Agrícolas	0,06	100,00
			SF6 en Aluminio y Magnesio	0,00	100,00

**Fuente: Fundación Bariloche. Argentina: Diagnóstico, Prospectivas y lineamientos para definir Estrategias posibles ante el Cambio Climático. 2008**

# REPORTES SECTORIALES



- I. ENERGÍA***
- II. TRANSPORTE***
- III. RESIDUOS***
- IV. AGRICULTURA***

### 1. INTRODUCCIÓN

---

El proceso ENT desarrollado en el país ha permitido generar un importante volumen de información para cada sector seleccionado, en lo referente al estado del arte a nivel global, situación actual del sector en el país, identificación de tecnologías existentes o en desarrollo para la implementación a nivel local, potencial de mitigación de GEIs de las tecnologías y de su contribución a la adaptación al cambio climático.

En este sentido, y teniendo en cuenta las divergencias resultantes de las características particulares de cada sector, se ha optado por presentar el análisis y resultados de la evaluación de tecnologías en mitigación individualmente por cada sector prioritario seleccionado, organizado en reportes.

De esta manera, se presentan 4 reportes sectoriales:

**Reporte I.** Sector Energía

**Reporte II.** Sector Transporte

**Reporte III.** Sector Residuos

**Reporte IV.** Sector Agricultura

En cada reporte la información se organiza en secciones de acuerdo a los siguientes temas:

- |                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Sección I</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Descripción del sector</li><li>• Priorización de tecnologías</li><li>• Anexos:<ul style="list-style-type: none"><li>a) listado de actores involucrados</li><li>b) fichas de tecnologías seleccionadas</li><li>c) referencias bibliográficas</li></ul></li></ul> |
| <b>Sección II</b>  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis de barreras</li><li>• Marco facilitador</li></ul>  |
| <b>Sección III</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Plan de acción</li></ul>  |
| <b>Sección IV</b>  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Idea de proyecto</li></ul>  |

# REPORTE I

## SECTOR ENERGÍA

*Tecnologías para la cogeneración  
de energía eléctrica y calor en la industria*



## 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA COGENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y CALOR EN LA INDUSTRIA

La cogeneración es la generación simultánea de dos formas útiles de energía - usualmente energía eléctrica y térmica (calor o frío) - a partir de la misma planta y de una única fuente de energía primaria, con alta eficiencia, en el mismo sitio o en un sitio cercano donde se requieran y utilizando tanto la electricidad como el calor generados. La cogeneración también se conoce como generación combinada de calor y potencia mediante el acrónimo CHP por la denominación en inglés "Combined Heat and Power". Se basa en el aprovechamiento del calor residual producido a partir de un generador de fuerza motriz, sin emplear una fuente adicional de energía (Siddhartha Bhatt, 2001; Penht, 2006).

Como fuente primaria de energía, pueden utilizarse combustibles fósiles, gas natural, carbón, petróleo, o combustibles alternativos renovables, como biomasa. Si bien en los últimos años, el gas natural ha sido el combustible predominantemente empleado en sistemas CHP, se prevé una mayor participación de la biomasa, considerando la creciente preocupación respecto al medio ambiente y la seguridad energética. Algunas tecnologías de cogeneración permiten operar con distintos tipos de combustible, logrando que el sistema resulte menos vulnerable a la disponibilidad del combustible y a la volatilidad de los precios (Climate TechBook, 2011).

La principal diferencia con la generación convencional de potencia es la alta eficiencia de los sistemas de cogeneración (~80-90%). En la generación convencional se alcanza, en promedio, una eficiencia de sólo el 35%. Hasta un 65% del potencial energético se libera como calor residual. Los ciclos combinados más recientes de generación convencional pueden incrementar la eficiencia al 55%, excluyendo las pérdidas debidas a la transmisión y distribución de electricidad. La cogeneración reduce estas pérdidas, empleando el calor residual en la industria y/o con fines de calentamiento/refrigeración en el sector comercial y residencial.

La cantidad de calor generado depende del proceso de generación de potencia. La utilidad del calor, como vapor de proceso, agua caliente o aire caliente, depende de los requerimientos de calidad de calor. La temperatura define, principalmente, la calidad del calor. Los requerimientos de baja temperatura aumentarán la cantidad de calor utilizable a partir del sistema de cogeneración. Al capturar y utilizar el calor residual, los sistemas de CHP requieren menos combustibles que el necesario en la generación individual de potencia y calor para alcanzar la misma cantidad de energía. La mayor eficiencia de los sistemas de CHP resulta en menores costos de operación, reducción de emisiones de todos los contaminantes, mayor confiabilidad y calidad de potencia, reducción en la congestión de la red y en las pérdidas de distribución (US EPA, 2008).

Debido a que el transporte de electricidad a través de grandes distancias es relativamente más fácil y económico que el transporte de calor, las instalaciones de cogeneración se ubican lo más cerca posible del lugar donde se requiere el calor y se dimensionan, idealmente, de modo de satisfacer la demanda de calor. En caso contrario, se requerirá una caldera adicional y las ventajas

medioambientales inherentes a la cogeneración, en parte, se reducen. Este es el principio central y fundamental de la cogeneración. Cuando se genera menos electricidad que la requerida, será necesario adquirirla. Sin embargo, cuando el esquema se dimensiona en función de la demanda de calor normalmente se genera más electricidad que la requerida. La electricidad excedente puede venderse a la red o suministrarla a otro usuario mediante el sistema de distribución.

Cada sistema de cogeneración se adapta para satisfacer los requerimientos de una instalación individual. El diseño del sistema se modifica en base a la ubicación, tamaño y requerimientos de energía de un determinado sitio. La cogeneración no se limita a un tipo específico de instalación, aunque generalmente se emplea en operaciones con requerimientos sostenidos de calor. La mayoría de los sistemas de cogeneración se diseñan a fin de alcanzar la demanda de calor requerida, debido a que este esquema conduce a sistemas más eficientes.

**Tabla 2.1. Atributos de la cogeneración**

- 2) Producción simultánea de electricidad y calor (o frío),
- 3) Criterio de performance de alta eficiencia total
- 4) Criterio de ubicación concerniente a la proximidad de la unidad de conversión de energía al usuario.

Las plantas de cogeneración disponibles pueden proveer suministros desde 1 kW, e incluso inferiores, hasta 500 MW. La capacidad típica de las plantas para aplicaciones industriales está en el rango de 1-50 MW. Si bien no existe un límite preciso entre escalas de plantas, se consideran, en general, plantas de escala grande aquellas con capacidad superior a 10 MW y de escala mediana, las comprendidas en el rango de 1 a 10 MW. Asimismo, se consideran plantas de escala pequeña aquellas con capacidad inferior a 1 MW, mientras que mini- y micro-escala corresponden a potencias menores a 500 kW y 20 KW, respectivamente (EDUCOGEN, 2001; Climate Techwiki).

La cogeneración se remonta a comienzos del siglo XX y los sistemas pueden operar por alrededor de 20 años. Es una tecnología establecida y de probada capacidad para proveer energía confiable y rentable. Al respecto, cabe señalar que a partir del 1 de enero de 2011 la producción combinada de energía eléctrica y térmica se reconoce como una tecnología de alta eficiencia en todos los países de la Unión Europea solamente si permite asegurar un valor mínimo de ahorro de energía con respecto a la generación individual de ambos vectores energéticos.

La Directiva Europa 8/2004/EC y algunas decisiones sucesivas de la Comisión Europea introdujeron una metodología para establecer si una planta de cogeneración, existente o nueva, puede considerarse de alta eficiencia y, en consecuencia, recibir apoyo económico de los estados miembros de la UE. Con este fin, se calcula el índice de ahorro de energía primaria (PES, Primary Energy Saving) que compara el consumo de energía primaria del sistema de cogeneración respecto al de la producción de calor y electricidad en forma separada. Para plantas de cogeneración con capacidad eléctrica mayor a 1 MW, la producción combinada se reconoce formalmente como una tecnología de alta eficiencia sólo cuando el valor de PES es mayor al 10%. Para unidades de cogeneración con capacidad eléctrica menor a 1 MW, un índice mayor a cero se considera suficiente. Recientemente, esta metodología ha sido objeto de críticas por la incertidumbre en las mediciones de ingreso del combustible, especialmente para unidades de pequeña y mediana escala (D' Accadia y Musto, 2011).

### 1.1. Parámetros técnicos de la cogeneración

Para seleccionar la configuración más viable desde el punto de vista de la aplicación de los sistemas de cogeneración, resulta necesario considerar varios parámetros técnicos, que tienen una relación directa o indirecta en el alcance comercial del proyecto, influyendo sobre ciertos aspectos medioambientales de la plantas. Estos parámetros se describen brevemente a continuación.

- **Relación potencia –calor**

La relación de la potencia generada respecto a la generación de calor/vapor sobre la base de la misma unidad de energía se denomina relación potencia-calor. Cuando se generan iguales cantidades de potencia y vapor, la relación es 1. Cuando se genera más calor/vapor que potencia, la relación es menor a 1.

Las características de los diferentes sistemas de cogeneración varían. La elección de la tecnología siempre se corresponderá con la aplicación final del usuario. Si la demanda de vapor en el proceso es mayor que la demanda de potencia, se recomienda un sistema con menor relación potencia-calor.

- **Eficiencia**

La eficiencia global o eficiencia de cogeneración es una medida de cuanta energía utilizable se genera a partir de una cantidad especificada de combustible. Esta eficiencia no brinda un panorama claro de las propiedades individuales para la electricidad y el calor o el vapor. En consecuencia, en la eficiencia para un sistema, se distingue la eficiencia eléctrica y la eficiencia global. Si la generación de electricidad es el producto principal de la aplicación, resulta pragmático considerar el factor de eficiencia eléctrica, aunque, a veces, una menor eficiencia global podría aceptarse en tales casos. Las eficiencias se definen de acuerdo a:

$$\text{Eficiencia eléctrica} = P / F$$

$$\text{Eficiencia global} = (P + Q) / F$$

donde  $P$  es la energía eléctrica generada,  $Q$ , el calor útil generado y  $F$ , la energía del combustible.

- **Confiabilidad y disponibilidad**

La confiabilidad es un parámetro prioritario en el diseño de sistemas de potencia. Esta tiene una importancia equivalente al costo y a la eficiencia, como medida de un diseño exitoso. La atención en la confiabilidad se ha desarrollado a partir de la necesidad de identificar los componentes menos confiables en un sistema complejo determinado. La confiabilidad puede definirse como la probabilidad que el equipo cumplirá adecuadamente con su función por un período especificado bajo circunstancias especificadas. La definición usual es el tiempo de operación real respecto al tiempo de operación planeado:

$$\text{Confiabilidad} = (t_0 - t_f) / t_0$$

donde  $t_o$  es el tiempo de operación planeado y  $t_f$ , el tiempo forzado fuera de servicio. En algunas aplicaciones, la disponibilidad es un mejor indicador de la funcionalidad de la planta. La disponibilidad se define habitualmente como la relación entre el tiempo de operación real y el tiempo de operación planeado al que se le suma el tiempo de reparación y mantenimiento planeado ( $t_m$ ):

$$\text{Disponibilidad} = (t_o - t_f) / (t_o + t_m)$$

- **Calidad de la generación de electricidad**

Los dos principales parámetros de calidad en un sistema de potencia son el voltaje y la frecuencia. Las interrupciones y la variación a partir de generadores distribuidos podrían causar problemas en la red. En consecuencia, la disponibilidad y la estabilidad de generación de potencia son factores importantes, particularmente para el consumo de electricidad dentro de una industria y cuando se suministra a la red.

- **Calidad de la energía térmica**

Dependiendo de la aplicación, los requerimientos para la energía térmica variarán en cuanto a la temperatura y a la presión y afectarán, en consecuencia, la selección del sistema de generación. La cantidad de generación de potencia posible y el calor utilizable dependerán de los requisitos de calidad del calor. Por ejemplo, el requerimiento de proveer alta temperatura a partir de un sistema de turbina de vapor conducirá a una alta contrapresión y, por consiguiente, a reducir la generación de potencia y la eficiencia eléctrica.

- **Flexibilidad del combustible**

La flexibilidad del combustible se ha tornado crecientemente importante, debido a los cambios experimentados en relación a la disponibilidad, precios e impuestos del combustible, las restricciones de emisión y los subsidios a los distintos combustibles. Una alta flexibilidad ofrece opciones económicas y también contribuye en forma significativa a la seguridad de suministro de energía. En una planta de cogeneración industrial que emplea productos residuales generados en la misma industria, se debe tener en cuenta que la calidad del combustible puede variar. En este caso, el sistema de cogeneración debería diseñarse considerando la variación esperada sin pérdida de confiabilidad. A fin de asegurar el suministro de energía, es recomendable tener de reserva otro combustible para plantas que utilizan biomasa o gases residuales. Cuando se emplean combustibles como gas natural o carbón, las variaciones en la composición del combustible son normalmente despreciables y, por consiguiente, la demanda en cuanto a la flexibilidad del combustible es poco significativa. Debido a que el acceso y el precio del combustible son difíciles de predecir, la posibilidad de mantener cierto nivel de flexibilidad para un sistema de cogeneración particular reduce el potencial riesgo que podría ocasionar la falta de combustible o irregularidades de disponibilidad.

- **Seguridad de suministro del combustible**

Cuando se emplean productos residuales como combustible, pueden producirse variaciones tanto en la calidad como en la disponibilidad del combustible. Para una generación efectiva de energía, y también para la producción habitual de la industria, es conveniente asegurar el suministro de combustible durante un cierto período. Cuando existen riesgos de irregularidades en el suministro, la mejor opción es minimizar los riesgos potenciales mediante el almacenamiento y la previsión de emplear un combustible alternativo. La viabilidad de estos planes podría además comprobarse comparando los costos ocasionados por estas alternativas versus los costos de oportunidad incurridos durante la pérdida de producción en el caso de falta de combustible.

- **Eficiencia de carga parcial**

La disposición del uso energético de cada industria determina las características de funcionamiento a carga parcial de la planta. Una demanda variable de energía puede ajustarse a diferentes niveles de carga parcial durante períodos extensos. Para mantener la eficiencia óptima de la planta bajo estas condiciones, es esencial asegurar una eficiencia de carga parcial aceptable. Es de suma importancia diseñar la planta de acuerdo a la carga real de funcionamiento, y no basándose en la carga parcial, dado que esto afectaría la eficiencia de la planta. Normalmente, un motor de combustión interna es superior a las turbinas de gas y vapor en términos de eficiencia a carga parcial. A un 40% de la carga nominal, un motor de combustión interna tiene más de un 90% de su eficiencia a carga nominal.

- **Robustez frente a irregularidades de la red**

El suministro continuo y confiable de potencia y vapor para el proceso de producción es una de las razones para contar con sistemas de cogeneración, evitando posibles fallas en la potencia provista por la red u otras incertidumbres. Las plantas con esta clase de circunstancias deben poder operar en forma independiente de la potencia suministrada por la red. Asimismo, la puesta en marcha debe poder iniciarse sin conexión a la red.

- **Operación y Mantenimiento**

La operación y el mantenimiento (O & M) demandan documentación del diseño, detalles del equipo y de los patrones de trabajo de las plantas de cogeneración, principalmente cuando éstas son operadas por personal poco familiarizado con la producción de vapor y potencia. Las instrucciones de operación deben estar bien detalladas. El mantenimiento sin planificación es potencialmente de gran costo. Además, es conveniente que la O & M se lleve a cabo por el mismo personal de la industria donde está instalada la unidad de cogeneración, y, por consiguiente, es importante la capacitación y el entrenamiento del personal.

- **Nivel de automatización y monitoreo**

El nivel de automatización y monitoreo está vinculado a los requerimientos de personal, y también a la economía de la operación, la disponibilidad y la performance medioambiental. El monitoreo automático de condiciones generales, vibraciones, emisiones, análisis químicos, entre

otras, con retroalimentación para la planificación del control y mantenimiento son de especial importancia para la máxima utilización de la planta.

- **Parámetros medioambientales**

Es importante establecer parámetros de restricción medioambientales para las plantas de conversión de generación eléctrica, a fin de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero y establecer criterios de restricción para los niveles de emisión.

En relación a la viabilidad económica para la implementación de plantas de cogeneración, los parámetros a considerar son los costos tecnológicos, los precios de la energía, el régimen de operación y medidas políticas (Climate TechWiki).

- **Costos tecnológicos**

Los costos iniciales de instalación de sistemas de cogeneración son normalmente más altos que los de la alternativa convencional, empleo únicamente de calderas de generación de vapor. Sin embargo, los usuarios se benefician durante la vida útil del sistema de CHP a través de menores costos de energía, de modo que la cogeneración conduce globalmente a ahorros.

- **Costos de energía**

Los costos de la energía determinan el valor de los ahorros en costos que la CHP puede brindar. Para una planta de CHP que emplea gas natural, la diferencia relativa entre los precios del gas y de la electricidad, el costo marginal, es especialmente importante, pues un operador de una planta de CHP (cogenerador) tiene que comprar gas natural y vender electricidad. Como criterio, se considera que la CHP es factible si los precios de la electricidad exceden los precios del gas en un factor de 2.5 (IEA, 2008). El escenario alternativo típico a un sistema de CHP de pequeña escala es obtener electricidad de la red y vapor de una caldera.

- **Perfil de operación y demanda de energía in situ**

La performance económica de los sistemas de CHP durante su vida útil depende del perfil de operación y de la demanda de energía in situ. El número de horas de operación determina los ahorros de energía absoluta que pueden alcanzarse. Cuanto más prolongado es el tiempo de operación, se obtendrán mayores ingresos. Normalmente, una planta de CHP debe operar por lo menos 5000 horas por año para que resulte económicamente viable.

- **Políticas institucionales**

Las políticas gubernamentales también afectan las condiciones económicas para las plantas de cogeneración. Estas pueden imponer costos a través de impuestos (por ejemplo, impuestos al gas natural) y gravámenes (por ejemplo, por vender electricidad a la red). Al mismo tiempo, muchos gobiernos proveen incentivos financieros para la CHP, incluyendo garantías de capital, tarifas favorables de venta de electricidad cogenerada y beneficios impositivos.

La cogeneración de alta eficiencia aporta los siguientes beneficios (Cogen 3, 2003a-b; EDUCOGEN, 2001; US EPA, 2008):

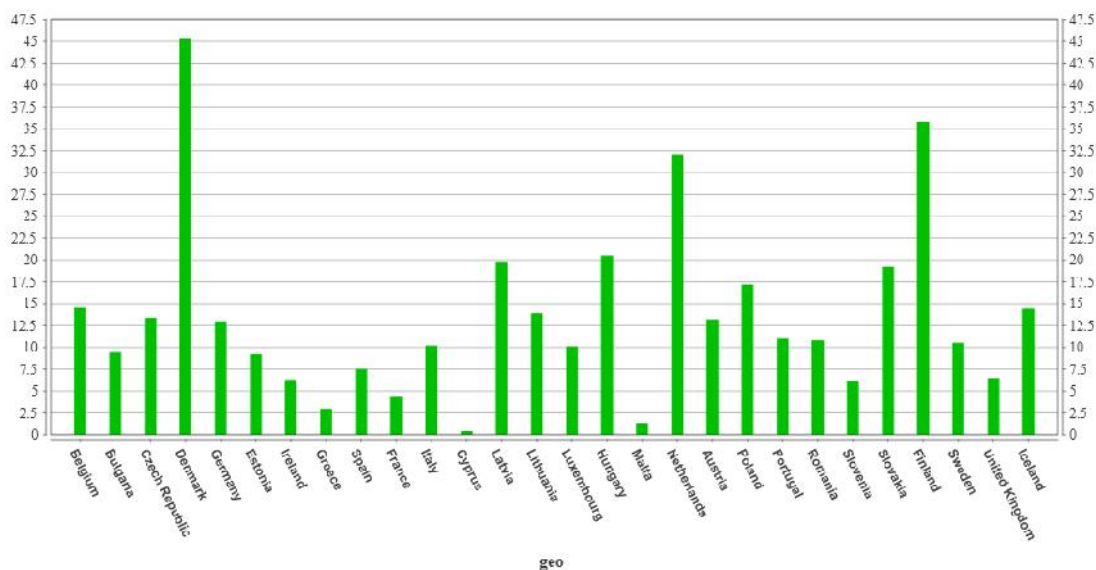
- Disminución de consumos de energía primaria
- Disminución de importaciones de combustible con el consiguiente ahorro en la balanza comercial del país.
- Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero al medio ambiente, en particular de CO<sub>2</sub>, favoreciendo el cumplimiento del Protocolo de Kyoto.
- Incremento de la eficiencia de conversión de energía
- Disminución de pérdidas en el sistema eléctrico e inversiones en transporte y distribución.
- Aumento de la garantía de potencia y calidad del servicio eléctrico.
- Favorece la descentralización de la generación de electricidad, mediante el diseño de plantas que satisfagan las necesidades de los usuarios localmente, con alta eficiencia, incrementando la flexibilidad en el uso del sistema.
- Diversificación de las plantas de generación y aumento de la competencia en el mercado eléctrico.
- Ahorro significativo de costos, aumentando la competitividad para usuarios industriales y comerciales y favoreciendo el acceso a calefacción en el sector residencial.
- En los casos donde exista disponibilidad de biomasa o de otros materiales residuales, tales como gases de refinería o de proceso, residuos agrícolas (sometidos a digestión anaeróbica o gasificación), éstos pueden emplearse como combustibles en los esquemas de cogeneración, incrementando la rentabilidad y reduciendo la necesidad de disponer de los residuos con impacto positivo sobre el medio ambiente.
- Promoción de pequeñas y medianas empresas de construcción y operación de plantas de cogeneración y generación de empleo.
- Motivación para la investigación y el desarrollo de sistemas energéticos eficientes.

## 2. CONTEXTO MUNDIAL, NACIONAL Y PERSPECTIVAS

En relación al contexto internacional, la cogeneración también dista considerablemente del escenario que la adopción de esta tecnología permitiría alcanzar tanto desde el punto de vista energético, ambiental y económico. La cogeneración contribuye en alrededor del 10 % a la generación global de electricidad, estimándose la potencia global de cogeneración instalada en 330 GW.

En la mayoría de los países, la cogeneración juega un rol marginal en la generación de electricidad y calor. Sólo unos pocos países han logrado expandir su participación al 30-50 % de la potencia total generada. Ejemplos destacables son Dinamarca y Finlandia con una participación de la cogeneración a la producción nacional de potencia del 45 % y de alrededor del 35 %, respectivamente (*Figura 2.1*). En países que han experimentado un rápido crecimiento en los últimos años como China e India, la cogeneración representa el 13% y el 5% de la electricidad generada, pero se estima que su participación podría alcanzar el 28% y el 26% en 2030, respectivamente (Kerr, IEA/OECD 2009). Con fines comparativos, en la *Tabla 2.2*. se detalla la capacidad de cogeneración instalada, expresada en MW, para algunos países.

**Figura 2.1. Participación porcentual de la cogeneración en la matriz energética de algunos países de la Unión Europea en 2009.**  
Fuente: Eurostat – Energy Statistics 2009





**Tabla 2.2. Potencia de cogeneración instalada en algunos países**

Australia	1 864	Greece	240	Portugal	1 080
Austria	3 250	Hungary	2 050	Romania	5 250
Belgium	1 890	India	10 012	Russia	65 100
Brazil	1 316	Indonesia	1 203	Singapore	1 602
Bulgaria	1 190	Ireland	110	Slovakia	5 410
Canada	6 765	Italy	5 890	Spain	6 045
China	28 153	Japan	8 723	Sweden	3 490
Czech Republic	5 200	Korea	4 522	Taiwan	7 378
Denmark	5 690	Latvia	590	Turkey	790
Estonia	1 600	Lithuania	1 040	United Kingdom	5 440
Finland	5 830	Mexico	2 838	United States	84 707
France	6 600	Netherlands	7 160		
Germany	20 840	Poland	8 310		

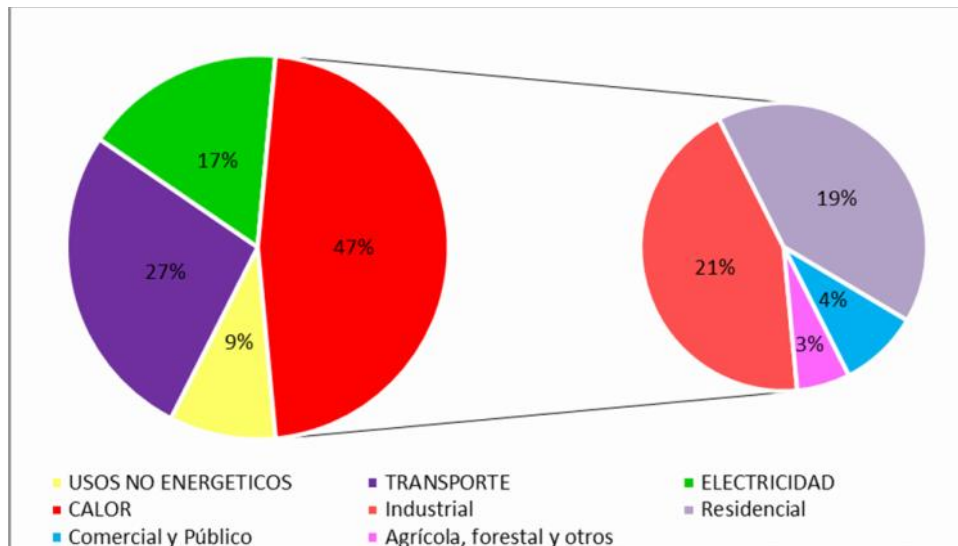
Source: IEA data and analysis; data merged from years 2001, 2004, 2005, 2006.<sup>5</sup>

Fuente: Kerr. 2009

### 2.1. Relevancia de la cogeneración en la demanda global de calor

Un aspecto sobre la tecnología de cogeneración que se ha enfatizado recientemente a nivel internacional concierne a la poca atención que se le ha prestado hasta el presente al consumo de calor (Veerapen y Beerepoot, IEA 2011). La demanda de calor representa una alta proporción (47%) en el consumo global total de energía y casi la mitad de ésta corresponde al sector industrial (Figura 2.2).

**Figura 2.2. Consumo global de energía final total por sector (calor, transporte electricidad, usos no energéticos)**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Veerapen y Beerepoot, IEA 2011.

A diferencia de la electricidad, el calor no puede transportarse a grandes distancias y, por consiguiente, debe generarse cerca del lugar de consumo. Además, los requerimientos de calor abarcan un amplio rango de temperaturas y escalas. Mientras que la demanda en edificios es de temperaturas de 20 °C, en promedio, algunos procesos industriales de gran escala requieren temperaturas que superan los 400 °C. En los segmentos de demanda de calor, se puede distinguir la demanda de calor de baja temperatura para calefacción ambiente y agua caliente doméstica en edificios y sectores vinculados a la agricultura, y la demanda de calor de distintos niveles de temperatura en el sector industrial requerida para diferentes tipos de procesos industriales.

La demanda de calor es una cuestión de calidad y cantidad de calor. Las características de la demanda de calor y su provisión pueden afectar significativamente la adecuación y viabilidad de las tecnologías de generación de calor, incluyendo aquellas basadas en combustibles renovables tendientes a suministrar calor de baja temperatura.

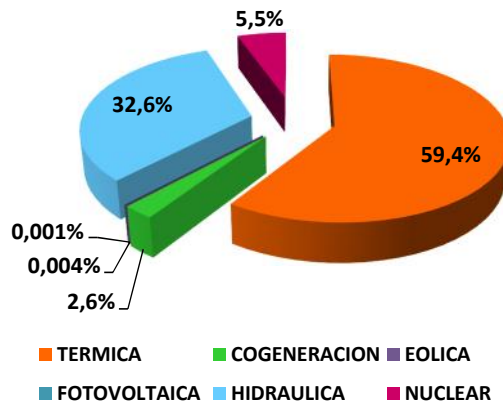
Según estimaciones para el sector industrial de países de la Unión Europea, la industria química, de metales básicas y de minerales no metálicos son las que demandan temperaturas más altas. Los requerimientos estimados de alta temperatura representan el 43% de la demanda total, mientras que las demandas de temperatura baja y media corresponden al 30% y 27% del total, respectivamente. La magnitud de la demanda de calor como así también la variedad en la naturaleza y el empleo de calor evidencian el valor de los sistemas de cogeneración. Generalmente, se considera que el componente de calor de la cogeneración tiene menor valor que el componente de electricidad. Sin embargo, considerando la alta participación del calor en el consumo total de energía, 47% a nivel global, el valor del calor disponible está claramente subestimado. La creciente necesidad de generar energía baja en carbono hace que la sinergia cogeneración - recursos renovables resulten en una combinación ideal (Veerapen y Beerepoot, IEA 2011).

## **2.2. Participación de la cogeneración en la matriz energética nacional**

La cogeneración es una tecnología cuya aplicación, si bien incipiente en el país, está paulatinamente adquiriendo mayor importancia en la actividad productiva. Del total de la producción neta de energía eléctrica correspondiente al período setiembre 2010 – agosto 2011, que alcanzó alrededor de 120 TWh (119.596 GWh) según registros de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima (CAMMESA), alrededor del 60% se generó en centrales térmicas convencionales, basadas en ciclos combinados y que utilizan principalmente gas natural, y cerca del 33 % correspondió a generación hidroeléctrica.

Como puede apreciarse en la *Figura 2.3*, la participación de la cogeneración en la matriz energética del país es aún poco significativa, alcanzando el 2.6 %.

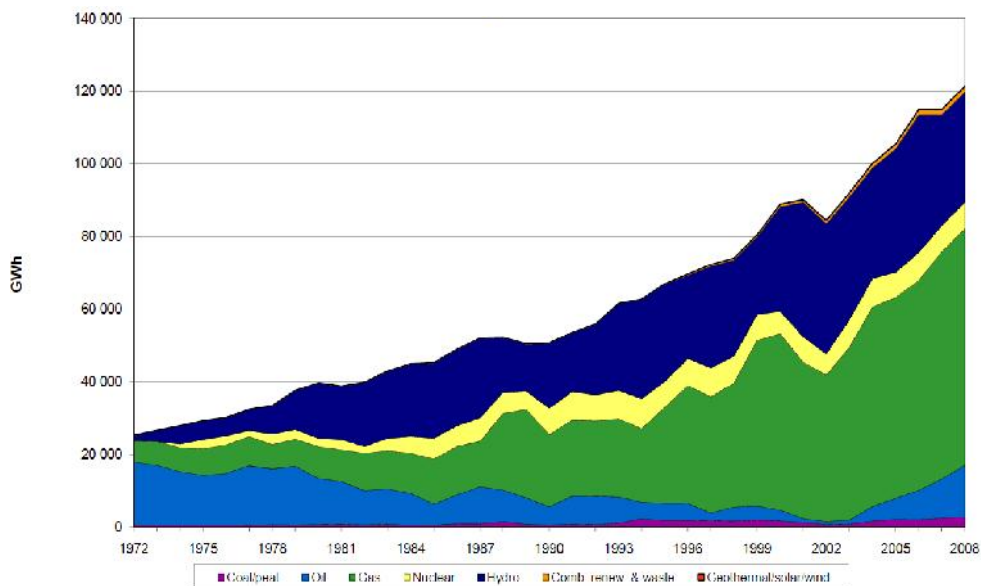
**Figura 2.3. Participación de la cogeneración en la generación de energía eléctrica. Período agosto 2010 - setiembre 2011.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de CAMMESA para el período considerado.

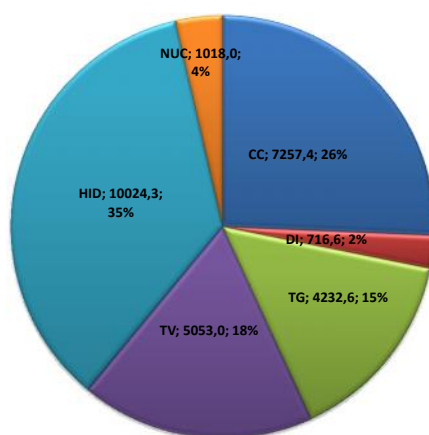
La evolución de la energía eléctrica generada en el país por fuente de energía primaria desde 1972 a 2008 (Figura 2.4.) muestra la creciente participación del gas natural y de la energía hidráulica en la generación de electricidad y la contribución de los combustibles renovables y residuos a partir de 1999. La potencia instalada en MW, en base a datos de 2009 y sin considerar la correspondiente a eólica y solar, puede apreciarse en la Figura 2.5

**Figura 2.4. Evolución de la generación de electricidad en el país por fuente de energía primaria**



Fuente: IEA 2010.

**Figura 2.5. Potencia instalada (en MW)**



*Ciclo Combinado (CC), Motor Diesel (DI), Hidráulica (HID), Nuclear (NUC),  
Turbina Gas (TG), Turbina Vapor (TV)*

**Fuente: Elaboración propia en base a datos de CAMMESA de 2009.**

Actualmente, existen en Argentina cuatro plantas encuadradas en la figura de cogeneradores en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), según el registro de agentes cogeneradores del MEM de enero de 2011, con una capacidad instalada de 354,1 MW (CAMMESA, 2009):

1. LA PLATA COGENERACION S.A. – GRUPO SADESA. Situada en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, en el predio de la Refinería La Plata de Repsol YPF S.A. Opera en el MEM desde 1997. Consta de una turbina de gas (General Electric, modelo MS9001), potencia efectiva 128 MW, caldera de recuperación de 225 Tn/h de vapor, consumo específico medio bruto 1309 kcal/kWh, consumo de auxiliares 1,5 %, consume gas natural y gas oil. Unidad de Ciclo Combinado, no puede operar a ciclo abierto excepto en operaciones de emergencia durante algunos minutos. Se conecta a las barras de 132 kV de la Estación Transformadora Dique de Edelap.

2. SIDERCA S.A. (ex ARGENER) – Holding TENARIS. Situada en Ramallo, Provincia de Buenos Aires. Opera en el MEM desde 1997. Consta de una turbina de gas (General Electric, modelo MS9001EC), potencia efectiva 163.3 MW, consumo específico medio bruto 1220 kcal/kWh, consume gas natural y gas oil. Se conecta a las barras de 220 kV de la Estación Transformadora Ramallo, propiedad de TRANSENER.

3. CENTRALES TÉRMICAS MENDOZA S.A. – Situada en Luján de Cuyo, provincia de Mendoza. Opera en el MEM desde 1998. Consta de dos turbinas de gas de 22.8 MW cada una, consumo específico medio bruto 1100 kcal/kWh, consume gas natural y gas oil. Abastece, como principal cliente, a Repsol YPF de 150 Tn/h de vapor para procesos de la refinería. Se conecta a las barras de 132 kV de la Estación Transformadora Luján de Cuyo, propiedad de Distrocuyo.

4. INGENIO Y REFINERIA SAN MARTIN DE EL TABACAL S.R.L.- TABACAL AGROINDUSTRIA. Esta empresa ingresó como agente cogenerador al MEM por Resolución SE 0204/2008 de abril de 2008, en carácter de titular de la Central Térmica de Cogeneración emplazada en el Paraje El Tabacal, Departamento de Orán en la provincia de Salta. Cuenta con un turbogenerador de

potencia nominal de 40 MW y una caldera de 200 ton vapor/h sobrecalentado a 65 atmósferas de presión, alimentada con bagazo de la caña de azúcar durante aproximadamente 200 días al año y gas natural en el período restante, con el fin de generar energía eléctrica para sus procesos fabriles y exportar excedentes a la red durante el período de zafra (mayo - noviembre). La central térmica de cogeneración se conectará al Sistema Argentino de Interconexión (SADI) a través de una apertura en la Línea de Alta Tensión en 132kV que une Pichanal con Orán, en la jurisdicción de la Provincia de Salta, propiedad de la empresa de Transporte de Energía Eléctrica por Distribución Troncal del Noroeste Argentino (TRANSNOA S.A.)

De acuerdo a los registros de CAMMESA, sólo dos de estas cuatro plantas suministraron electricidad al sistema eléctrico nacional durante el período comprendido entre setiembre 2010 y agosto 2011.

Existe además otro conjunto de plantas enmarcadas en la figura de agentes autogeneradores. Al respecto, un aspecto que diferencia a un autogenerador de un cogenerador es su vinculación comercial con el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM). Un autogenerador es un consumidor de electricidad que genera energía eléctrica como producto secundario, siendo el propósito principal la producción de bienes y/o servicios. El autogenerador puede vender, comprar o no realizar ningún tipo de operación con el MEM. En cambio, un cogenerador tiene como objeto la generación conjunta de energía eléctrica y vapor u otra forma de energía para fines industriales o comerciales de calentamiento o enfriamiento.

El cogenerador realiza las mismas operaciones con el MEM que el autogenerador, excepto la compra de energía eléctrica, ya que el objetivo de los cogeneradores es principalmente la entrega de energía térmica a terceros y la energía eléctrica al SADI. Es por esto que la industria o comercio que cuenta con una instalación de cogeneración debe figurar como autogenerador del MEM (CAMMESA, 2009; Tech4CDM, 2009). Cabe señalar que en la contribución del 2.6% de energía cogenerada al total de la energía eléctrica producida (*Figura 2.3*), 1.7% corresponde a agentes cogeneradores y el resto a agentes autogeneradores.

En los últimos años, el sector agro-alimentario ha mostrado gran dinamismo en relación a la cogeneración. Se han implementado o están en ejecución emprendimientos de cogeneración en empresas de envergadura del sector dedicadas a la industrialización de cereales-aceites y azúcar, impulsadas por la diversificación hacia la producción de biocombustibles y bioetanol, respectivamente, por la necesidad de cubrir su creciente demanda de energía con recursos propios y por el incentivo de financiar parte de los proyectos mediante los certificados de emisiones reducidas (CER) en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Ejemplos de estas empresas son Molinos Río de La Plata, Noble, Aceitera General Deheza, que certificaron en el marco del MDL, como así también los ingenios Tabacal (40 MW), Nuñorco (28 MW), Santa Bárbara (28 MW), Los Balcanes S.A. (65 MW), empleando, estos últimos, bagazo como combustible. Asimismo, en las industrias foresto-madereras de gran escala también se están impulsando proyectos de cogeneración con biomasa, tal es el caso de Papel Misionero S.A., del grupo Zucamor, que produce el 30% de la fibra virgen consumida en el país.

Se detallan a continuación los agentes autogeneradores registrados, algunas características técnicas de los sistemas de generación empleados y la capacidad instalada, según datos de CAMMESA (portalweb):

- Siderar Planta San Nicolás- Buenos Aires: cuenta con 4 TV de 26.5 MW, ce = 2800 kcal/kWh.
- Altos Hornos Zapla- Jujuy: cuenta con 2 TV de 20 MW, ce= 4074 y 4200 kcal/kWh
- Ledesma- Jujuy: cuenta con 2 TV (16.0+20.2 MW), aporta hasta 8 MW al SIN.
- YPF, C. T. Puesto Hernández: 2 TG de 20 MW cada una, consumo específico bruto = 2385 kcal/kWh, combustible gas de pozo con alto contenido de anhídrido carbónico.
- YPF, Plaza Huincul: 1 TG de 36.8 MW de potencia efectiva, consumo específico medio = 2720 kcal/kWh, consumo de auxiliares = 1.57%, consume únicamente gas.
- NIDERA- Junín, Buenos Aires: cuenta con una unidad TV de 7.02 MW de potencia efectiva, consumo específico de 7237 kcal/kWh, consume una mezcla variable de cáscara de girasol y fuel oil en una proporción aproximada 90/10.
- ENTRE LOMAS: situado en el yacimiento Entre Lomas en la provincia de Río Negro, cuenta con 19 grupos electrógenos motocompresores totalizando 23 MW (aprox. 6 MW de excedente) luego de haber dado de baja su anterior TG de 15 MW.
- EL TRAPIAL: Chevrón San Jorge S.A. para su yacimiento El Trapial perteneciente al área petrolífera Huantraico, localizada en el norte de la Provincia del Neuquén. La Central El Trapial contará con cinco grupos generadores que totalizan una potencia instalada de aproximadamente 18,5 MW. A partir del 20/06/09 se habilitó una potencia total de 30 MW entre sus centrales CT El Trapial y CT Campamento.
- Shell Capsa (pta Dock Sud): cuenta con 2 grupos de 3.056 MW y otros 2 de 8.0 MW, en total 22.11 MW
- CAPEX: A partir de febrero de 2003, la TG01, TG06 y la TV07 pasaron a ser autogeneradores.
- Shell Capsa (pta Dock Sud) 1 grupo de 27 MW de Potencia Efectiva y un consumo específico medio = 3040 kcal/kWh, Este Autogenerador inyectará al MEM una potencia neta de 12 MW constantes.
- Mario Seveso: cuenta con 1 Ciclo Combinado de 30,8 MW de potencia efectiva y CEM = 2436 kcal/kwh. Compuesto por una TG de 25,08 MW y una TV de 5,72 MW. Autogenerador propiedad de Arcor S.A. que se vincula al MEM en la E.T. Arroyito de EPEC.
- Molinos Río de la Plata – Pta. San Lorenzo: cuenta con una TV de 27 MW dentro de la planta de Molinos en San Lorenzo, la cual se vincula a la red de la EPESF en la E.T. Sulfacid. La inyección prevista a la red, luego de abastecer el consumo propio, será de 10 MW.
- Alto Paraná-Planta Puerto Piray: A partir del 15/08/2009 se habilitaron 38 MW de potencia efectiva. Consume biomasa.
- Solalban. (Bs As) 2 TG de 60.4 MW ce = 2400 kcal/kWh.
- Autogenerador Lomita (YPF): ubicado en la zona de Puesto Hernández, cuenta con 22 motogeneradores que consumen sólo gas con una potencia total de aprox 20MW y un consumo específico medio = 1685 kcal/kWh. Aportaría aproximadamente 17 MW al sistema.
- Autogenerador AZUCARERA JUAN M. TERÁN S.A, Planta Ingenio Santa Bárbara: A partir del 06/07/2010 se habilitaron 16.2 MW de potencia efectiva. Consume biomasa.

En la *Figura 2.6.* se ilustra la capacidad instalada de las empresas enmarcadas como autogeneradores, mientras que en *la Figura 2.7.* se representa la energía eléctrica producida,

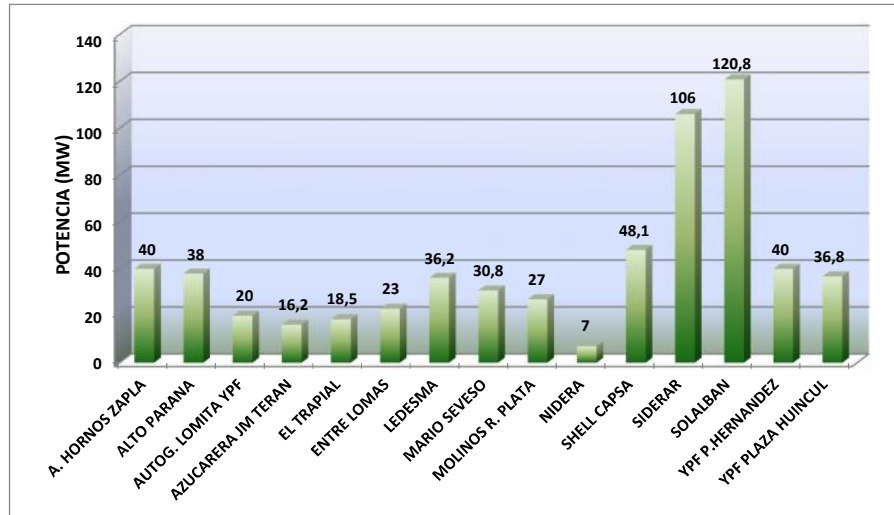
expresada en GWh, por los agentes autogeneradores para el período setiembre 2010-agosto 2011. Cabe mencionar que existen algunas diferencias en los registros de CAMMESA en el período considerado

entre el listado de empresas autogeneradoras existentes y aquellas que han generado electricidad (Figuras 2.6. y 2.7.).

Según informa CAMMESA, exceptuando a las empresas Ledesma, Entre Lomas, Plaza Huin cul, Mario Seveso, Solalban, Lomita y Shell CAPSA, el resto

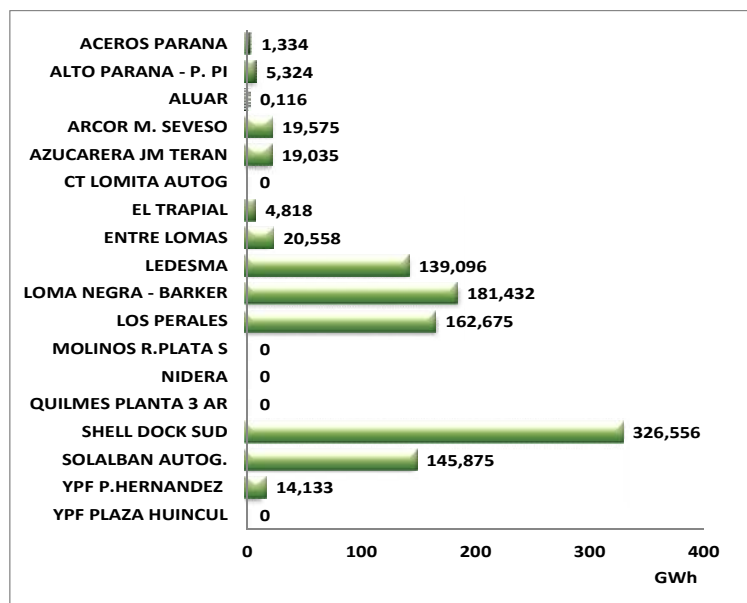
de los autogeneradores tuvieron saldo comprador, y no existieron declaraciones de ofertas estacionales en firme.

**Figura 2.6. Potencia instalada de agentes autogeneradores**



**Fuente: Elaboración propia en base a datos de CAMMESA**

**Figura 2.7. Energía eléctrica producida por agentes autogeneradores en el período setiembre 2010 – agosto 2011**



La potencia

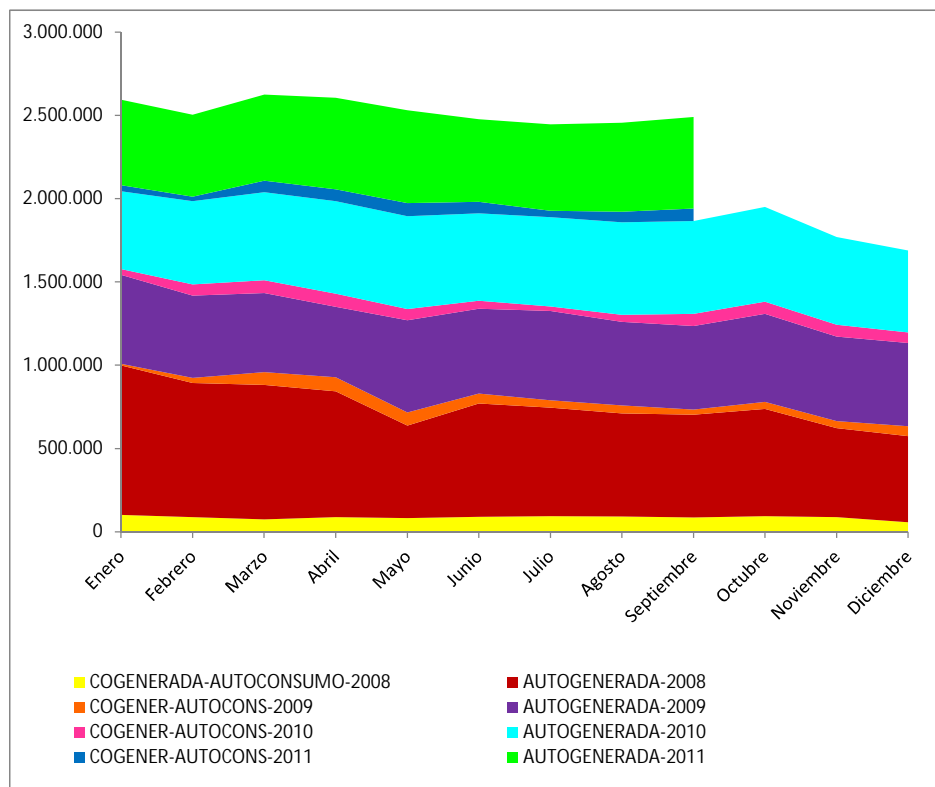
instalada

**Fuente: Elaboración propia en base a datos de CAMMESA.**

de estas plantas asciende a 608,4 MW. Por consiguiente, la capacidad de cogeneración instalada total del país se estima en 962,5 MW.

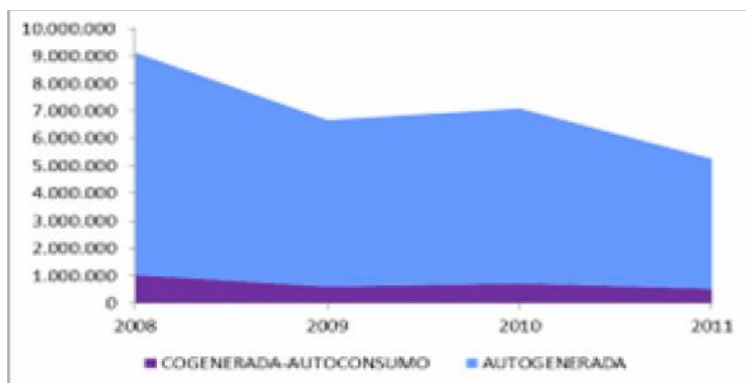
En las Figuras 2.8. y 2.9., se ilustra la evolución mensual y total anual de la cantidad de energía cogenerada para autoconsumo y autogenerada en base a la información relevada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INDEC) para el período comprendido entre enero de 2008 y setiembre de 2011. INDEC realiza este relevamiento a un conjunto de empresas seleccionadas por su importancia relativa en el sector manufacturero desde setiembre de 2007.

**Figura 2.8. Evolución mensual de energía cogenerada para autoconsumo y autogenerada. En MWh, desde 2008 a setiembre de 2011**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de serie histórica de INDEC.

**Figura 2.9. Evolución anual de la energía cogenerada para autoconsumo y autogenerada. En MWh, desde 2008-setiembre 2011.**



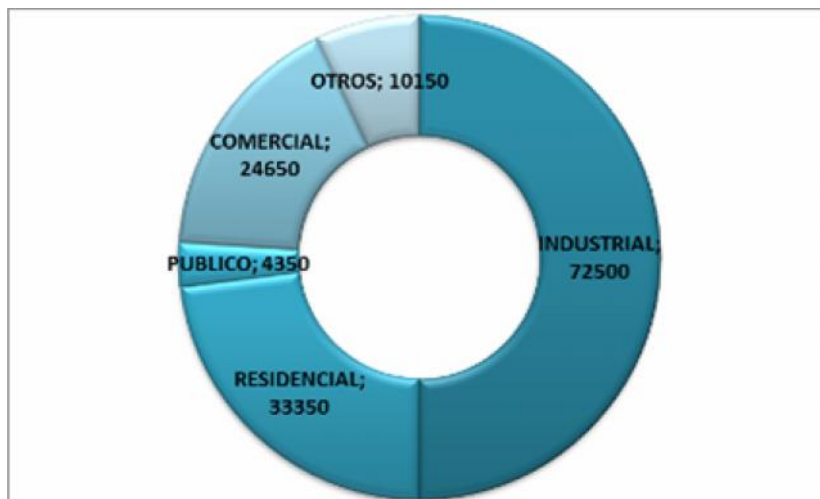
Fuente: Elaboración propia en base a datos de serie histórica de INDEC.



### 2.3. Perspectivas para la cogeneración en Argentina

En primer término, cabe señalar que se prevé un incremento en la demanda de energía eléctrica en nuestro país para los próximos años. Se estima que la misma alcanzará alrededor de 145 TWh (144918 GWh) para 2016, con un incremento del 3% en el sector industrial (Baragatti, 2009). En la *Figura 2.10.* se ilustran las proyecciones estimadas (en GWh) por sector para 2016.

**Figura 2.10. Proyección de la demanda de energía eléctrica por sector. En GWh. 2016.**



**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de A. Baragatti (2009) – PRONUREE, Secretaría de Energía.

En este marco y considerando que, en líneas generales, el sector industrial del país tiene una demanda térmica muy superior a la eléctrica (Sosa, 2008), la cogeneración constituye una alternativa atractiva para satisfacer las demandas de energía eléctrica y térmica. La implementación de sistemas de cogeneración es una opción especialmente conveniente para industrias que requieren de ambos vectores energéticos, electricidad y calor, contribuyendo simultáneamente a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

El relevamiento de los sistemas de cogeneración, la importancia de su implementación y las perspectivas en el país han sido abordados con anterioridad. Al respecto, cabe mencionar el documento (Informe Final) elaborado en 2005 en el marco del Contrato "C1 Medidas de Eficiencia Energética", Proyecto BIRF N° TF51287/AR "Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático", celebrado entre la Fundación Bariloche y la Unidad de Investigación N° 2, IDEHAB-FAU-Universidad Nacional de La Plata.

Otro antecedente más reciente sobre cogeneración y estimaciones del potencial de la cogeneración en el país es el proyecto Tech4CDM financiado por la Unión Europea en el contexto del 6to Programa Marco de I + D de la UE, en el que la Argentina participó conjuntamente con Chile, Ecuador, Méjico y Perú durante 2008-2009.

El objetivo del proyecto fue la promoción de tecnologías de energías renovables y de eficiencia energética, enfatizando en la superación de barreras de índole tecnológica y en el análisis de las oportunidades en el marco de los Mecanismos de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto para favorecer proyectos basados en cogeneración, entre otras tecnologías. Entre las acciones que contempló el proyecto, la Secretaría de Energía y el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) organizaron, con la colaboración de la Unión Industrial Argentina (UIA), un Taller sobre Cogeneración celebrado en Argentina en julio de 2009.

En el documento Tech4CDM “La Cogeneración en Argentina”, se hace referencia al estudio realizado en el proyecto “Propuesta de marco legislativo y evaluación técnico - económica para proyectos de cogeneración de carácter demostrativo en la provincia de Buenos Aires”. Este estimó un potencial técnico de 580 MW y el potencial técnico-económico (proyectos con retornos de la inversión inferiores a tres años) de 220 MW, para la provincia de Buenos Aires. Asimismo, en dicho documento, el potencial de cogeneración del país se sitúa entre 1.500–1.800 MW si los ciclos son turbovapor y en 3.000 MW si se considera adicionalmente el potencial de instalaciones de cogeneración de ciclo turbogas. Para el caso en el que sólo se usen ciclos turbovapor, también se aportan datos del potencial de la cogeneración para algunos subsectores industriales, que se ilustran en la *Figura 2.11*

**Figura 2.11. Potencial de cogeneración para subsectores industriales de envergadura sólo para sistemas de ciclo turbovapor**



Fuente: Elaboración propia en base a información del documento TECH4CDM.

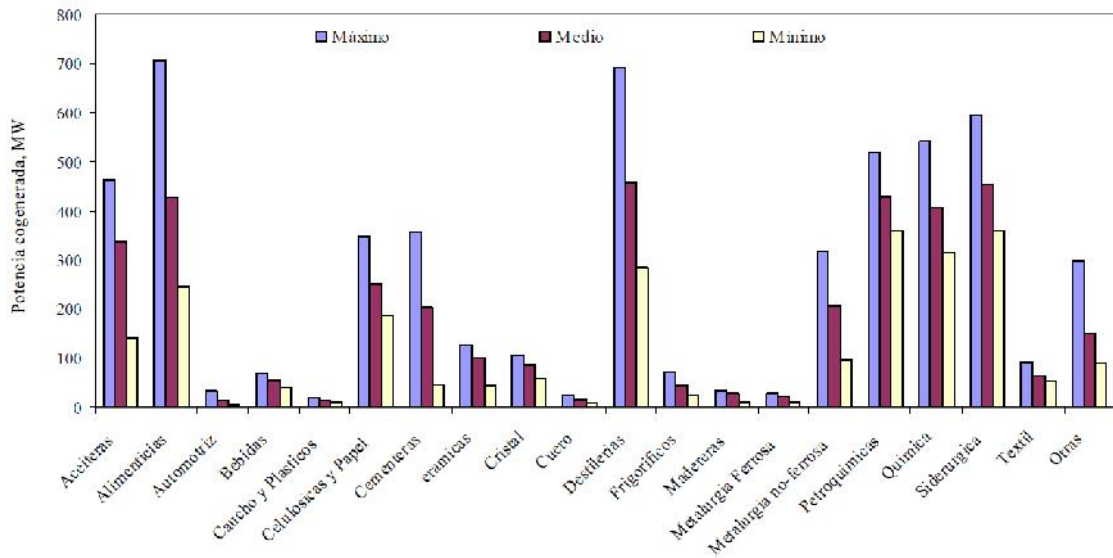
En otros antecedentes (Fushimi y Sosa; 2005; Sosa et al., 2007; Sosa, 2008), el potencial teórico de cogeneración del país se estima en 3770 MW, que implicaría un aporte de 2730 GWh mensuales de aporte de la cogeneración al sistema centralizado. Asimismo, se estima el potencial de cogeneración para distintas industrias con demandas de energía eléctrica y térmica (*Figura 2.12*; Sosa, 2008). Cabe señalar que este potencial teórico de cogeneración conduciría a un ahorro significativo de emisiones de GEIs. Para estimar la mitigación, se consideraron:

- un potencial de 4000 MW de energía eléctrica cogenerada;
- gas natural como el combustible empleado para los ciclos de cogeneración (escenario intermedio entre empleo de fuel-oil y biomasa como combustibles);

- una relación de energía eléctrica del 30%; calor, 50%; pérdidas, 20%;
- los factores de emisión de la red de energía eléctrica y del gas natural (UNFCC, 2011a Secretaría de Energía; 2CNRA, 2007).

En base a estas consideraciones, se estimó un potencial de mitigación de 34.7 MMton CO<sub>2</sub>/año. Si, además, se considera en la estimación que los subsectores de las industrias aceitera, azucarera y papelera (*Figura 2.11*) tienen la posibilidad de utilizar hasta un 80% de biomasa para la cogeneración, por las características inherentes a los procesos productivos involucrados, el potencial de mitigación de emisiones ascendería a 36.3 MMton CO<sub>2</sub>/año.

**Figura 2.12. Potencia cogenerada estimada en MW por subsector industrial**



Fuente: Sosa, 2008.

### 3. SUBSECTORES INDUSTRIALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN

---

#### 3.1. Selección y priorización de subsectores

Los subsectores definidos pertenecen al área de la industria agro-alimentaria y foresto-industria siendo puntualmente los subsectores foresto-maderera, lácteos y el subsector de las infusiones del té y yerba mate.

La selección de subsectores y segmentos se llevó a cabo teniendo en cuenta los objetivos de desarrollo nacional explicitados en los siguientes planes y programas estratégicos impulsados por el Estado Nacional y las provincias para incentivar, entre otros propósitos, el desarrollo de las economías regionales:

- Plan Estratégico Industrial Argentina 2020.
- Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal 2010-2016 (PEA2).
- Programa Sistemas Productivos Locales, liderado por la Secretaria de la Pequeña y Mediana Empresa y Desarrollo Regional (SEPYMEyDR)- Ministerio de Industria
- Programa Nacional de Reconversión Industrial (PNRI) impulsado por la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

El Plan Estratégico Industrial Argentina 2020, fue puesto en marcha en 2011 y comprende las 11 cadenas de valor que dan cuenta del 80% del PIB industrial y de más del 60% del empleo. Están integradas por: Alimentos; Calzado; Textiles y Confecciones; Madera; Papel y Muebles; Materiales de Construcción; Bienes de capital; Maquinaria Agrícola; Autos y autopartes; Medicamentos; Software y Productos Químicos y Petroquímicos (*Tabla 2.3*).

Asimismo, cabe mencionar el Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal 2010-2016 (PEA2) en el que participan actores del sector Agroalimentario y Agroindustrial Argentino, el Plan de la Competitividad, el Programa de Gestión de Calidad y Diferenciación de los Alimentos (PROCAL II), entre otros.

**Tabla 2.3. Plan Estratégico Industrial Argentina 2020**

Cadena de Valor	Producción 2020	Variación 2010-2020 (%)	Empleo (en miles)	Aumento Empleo 2010-2020 (en miles)
Avícola	3,1 MM Ton.	91	200	+50
Lácteos	18,2 MM litros	76	43	+12
Producción Porcina	0,8 MM Ton.	167	52	+30
Calzado	200 MM de pares	90	52	+12
Textil e Indumentaria	USD 9.290 MM	157	364	+250
Foresto – Maderera	USD 26.273 MM	140	152	+64
Automotriz y Autopartista	1,9 MM unidades	164	373	+300
Maquinaria Agrícola	USD 2.500 MM	265	32	+20
Bienes de Capital	USD 18.200 MM	290	102	+44
Materiales de Construcción	30 MM Ton.	90	99	+44
Química y Petroquímica	USD 43.554	124	136	+75
Medicamentos de Uso Humano	USD 1.350 MM	174	63	+30
Software	USD 7.330 MM	184	134	+74

Fuente: Ministerio de Industria.2011.

El Programa Sistemas Productivos Locales liderado por la Secretaria de la Pequeña y Mediana Empresa y Desarrollo Regional (SEPYMEyDR)- Ministerio de Industria es uno de los instrumentos de promoción local específicos para las empresas de pequeña y mediana escala. Su objetivo es brindar asistencia técnica y económica a Grupos Asociativos, conformados por cinco o más micro, pequeñas y medianas empresas del mismo sector productivo o cadena de valor, para implementar, desarrollar y/o fortalecer proyectos productivos.

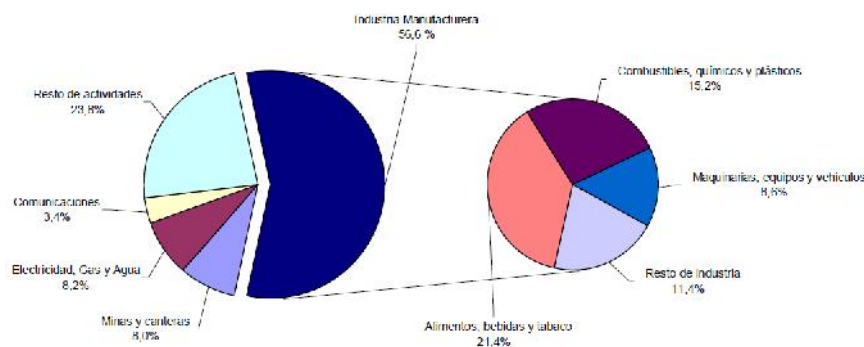
En el marco de SEPYMEyDR, también se ejecuta el Programa Nacional para el Desarrollo de Parques Industriales en el Bicentenario, que contempla el financiamiento de obras de infraestructura de los parques industriales públicos y fomenta la radicación en ellos de pequeñas y medianas empresas, mediante la bonificación parcial de la tasa nominal anual que establezcan las entidades financieras por el otorgamiento de préstamos.

Además, el Programa de Acceso al Crédito y Competitividad para PyMEs - PACC – está orientado a que las PyMEs puedan recibir ayuda estatal para cumplir los objetivos de incrementar su productividad comercial, mejorar la competitividad, mediante innovación tecnológica, certificación de calidad, desarrollo de procesos operativos, diseño de máquinas, o de otras herramientas que contribuyan a mejorar la elegibilidad de la empresa para acceder a créditos, como así también a tecnologías limpias. En relación a estas últimas, el Programa Nacional de Reconversión Industrial (PNRI) impulsado por la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAYDS), tiende a mejorar el desempeño ambiental de industrias con alto impacto sobre el medio ambiente, tales como papeleras, azucareras, cítrcolas, entre otras.

El sector agroalimentario ha evidenciado gran dinamismo en los últimos años y tiene una alta participación en la industria manufacturera del país (Figura 2.13). La estructura del sector

alimentario está conformada por varios subsectores: Aceites y Oleaginosas, Aromáticas y Especies, Azúcar, Bebidas, Conservas Vegetales, Farináceos y Cereales, Frutas Secas, Golosinas, Lácteos.

**Figura 2.13. Relevancia de la producción de alimentos en la industria manufacturera nacional**



Fuente: INDEC.

La industria de agroalimentos representa el 27% del empleo total de la industria manufacturera y el 5% del empleo total del país. A partir de 2002, este sector creció un 26%. El 65% de los puestos de trabajo se concentra en Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba y Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Las empresas elaboradoras de productos agroalimenticios representan el 32% de las firmas de la industria manufacturera y son mayormente PyMEs de capital nacional. Del panel de las 500 empresas privadas no financieras más grandes del país que presenta el INDEC (ENGE), 115 corresponden a agroalimentos y constituyen el 59% de la producción total de la rama. De las 100 principales empresas localizadas en el país, 16 pertenecen al sector, siendo mayormente procesadoras de aceites y subproductos. Entre ellas, 7 tienen predominio de capital nacional. Las inversiones del sector en 2007 – U\$S 1.119 millones - duplicaron los valores de 2002, siendo el sector de la industria local que más invirtió en los últimos años.

La modernización del equipamiento y la tecnología incrementó la productividad industrial del factor trabajo un 14% en el último quinquenio. Sin embargo, mientras que las grandes empresas del sector cuentan con sistemas de calidad y muchas de ellas con unidades de I+D, sólo el 5% de las PyMEs cuenta con certificación ISO. La exportación de agroalimentos explica un 32% del total de exportaciones manufacturadas argentinas (Boletín Estadístico Tecnológico- Agroalimentos, MINCYT, 2008).

En este contexto y considerando que este estudio está focalizado a aplicaciones de cogeneración de energía eléctrica y calor en pequeñas y medianas empresas, la selección de los subsectores industriales potenciales se realizó utilizando los siguientes criterios:

- 1) Subsectores con industrias que empleen procesos productivos con requerimientos de energía eléctrica y térmica (criterio excluyente). Las instalaciones de cogeneración se ubican lo más cerca posible del lugar donde se requiere el calor y se dimensionan en base

a la demanda de calor debido a que el transporte de este vector energético es relativamente más difícil y costoso que el transporte de electricidad.

- 2) Subsectores que estén conformados por un número considerable de empresas de pequeña y/o mediana escala, y/o requieren de una mejor articulación entre la oferta primaria atomizada, en su mayoría en manos de gran cantidad de pequeños productores, y la demanda concentrada en pocos establecimientos que industrializan las materias primas y con requerimientos simultáneos de calor y energía eléctrica.
- 3) Subsectores que cuenten con disponibilidad o acceso a fuentes de biomasa directas o indirectas. Con respecto a este criterio y de acuerdo a las estimaciones de WISDOM-Argentina (2009),

Con respecto a este tercer criterio y de acuerdo a las estimaciones de WISDOM-Argentina (2009), el consumo relevado de biomasa en el país con fines energéticos se estimó en 7,9 millones de toneladas (2.380 ktep/año), de los cuales 2,1 millones de toneladas provienen del sector residencial, 3,9 millones de toneladas se deben al sector comercial y 1,9 millones de toneladas se utilizan en el sector industrial. La provincia con mayor consumo es la de Buenos Aires, seguida de Misiones, Santa Fe, Córdoba, Chaco, Corrientes y Santiago del Estero.

Dado que los sectores relevados no son los que habitualmente se consideran en el Balance Energético Nacional (BEN), que se concentra en los combustibles utilizados para la autoproducción de electricidad y que representan alrededor de 2.255 ktep/año, el estudio presume que el consumo total real de biomasa para energía en el país es de alrededor de 5.000 ktep/año.

Por otra parte, la productividad leñosa anual sustentable del país -según la variante de productividad media- se estima en 193 millones de toneladas, de las cuales 143 millones de toneladas (42.900 ktep/año) son accesibles y están potencialmente disponibles para usos energéticos. A estos recursos se le suman 2,7 millones de toneladas de biomasa leñosa proveniente de los subproductos de los aserraderos y de las plantaciones frutales, y cerca de 2,3 millones de toneladas de otros subproductos biomásicos derivados de las agroindustrias, alcanzando un total de recursos potencialmente disponibles de 148 millones de toneladas, de los cuales 124 millones de toneladas (37.200 ktep/año) proceden de fuentes potencialmente comerciales (WISDOM-Argentina, 2009).

En base a los criterios considerados, los subsectores seleccionados son:

a) Industrialización de madera (Cadena foresto-maderera).

b) Industrialización de quesos (Cadena lácteos).

c) Industrialización de té y yerba mate (Cadena infusiones).

Según la clasificación por Bloques Sectoriales en Argentina - Principales Bloques Productivos (Lifschitz, MECON), los subsectores seleccionados corresponden dentro del Bloque de Bienes a:

Industrialización de madera: Bloque Agrícola Industriales – Forestal – Papel - Maderero: se compone de dos senderos principales “maderero” y “papelero”. Ambos senderos obtienen sus

insumos específicos de la silvicultura (MIP 124). Presenta una mayor desagregación de las actividades del bloque que la MIP-124 (MIP 220).

Industrialización de quesos: Bloque de Pecuarios Industriales- Ganadería y Granja: carnes rojas y blancas, manufacturas de cuero y productos lácteos (MIP 124)- Bovino de lácteos: reúne una serie de productos como quesos y yogures que se eslabonan a partir de la leche elaborada con la producción de leche cruda (MIP 220).

Industrialización de yerba mate y té: Bloque Agrícola Industriales- Otros Cultivos Industriales: alimentos y otros productos de consumo humano y su producción primaria (MIP124) - Yerba mate y Té: constituyen bloques compuestos básicamente por la industrialización intermedia y final de las hojas provenientes de las correspondientes plantaciones (MIP220).

El análisis de las principales características de cada uno de los subsectores priorizados se presenta a continuación.

### **3.2. Perfiles de los subsectores priorizados**

#### **3.2.1. Perfil del subsector A: Industrialización de madera**

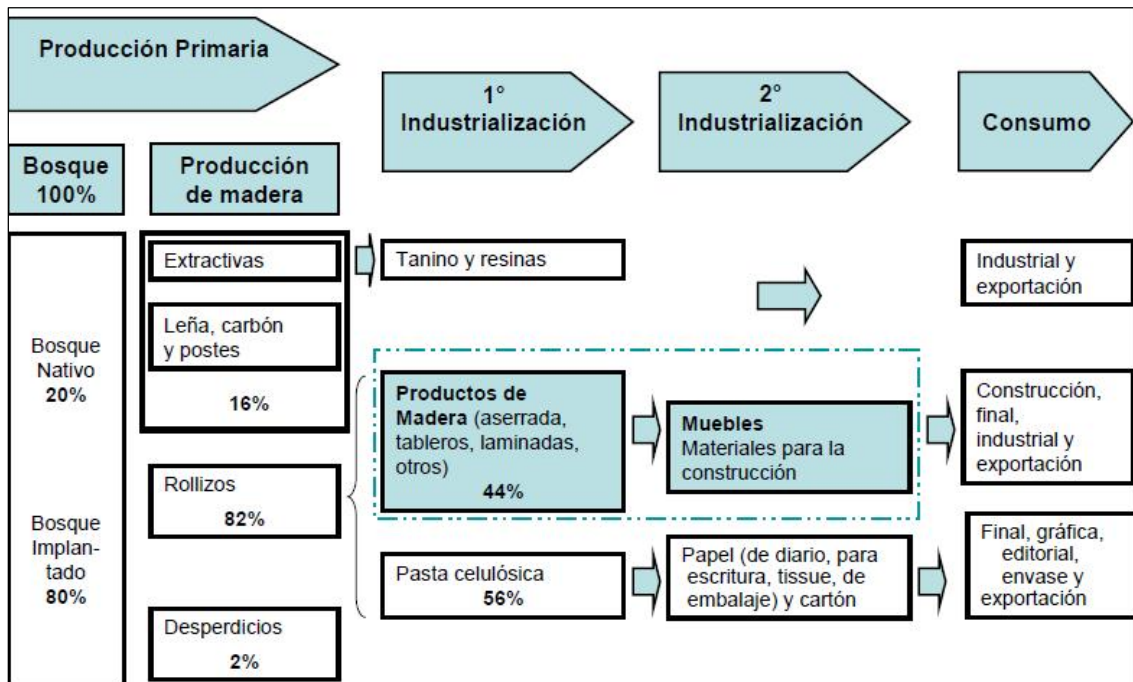
La cadena foresto-industrial se divide en cuatro segmentos: extractos forestales, leña y carbón, celulósico-papelero y madera-muebles. Los dos últimos constituyen el primer destino en importancia de la producción del bosque nativo e implantado, absorbiendo el 82% de la producción primaria (rollizos).

El 44% de la producción de rollizos, que supera las 7 millones de toneladas (MINEXT, 2010), se destina a la fabricación de productos de madera, mientras que del 56% restante se obtiene celulosa y papel (*Figura 2.14.*). A partir de los rollizos, el segmento madera-muebles fabrica diferentes productos de madera (madera aserrada, tableros de fibra, de partículas, compensados, laminados y faqueados, pisos, revestimientos, aberturas, carpinterías y otras manufacturas); algunos de éstos se utilizan luego para la fabricación de muebles y como insumos para la construcción.

Dentro de la cadena foresto-industrial, el segmento madera-muebles, a diferencia de los otros eslabones, posee la capacidad de generar valor a través de la incorporación al proceso productivo de distintas técnicas de diseño e innovación tecnológica. La producción de productos de madera y de muebles tiene por destino final el mercado interno (Centro de Estudios para la Producción, 2008).



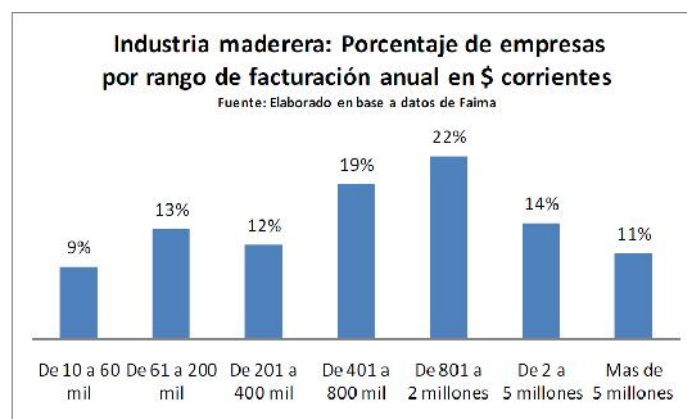
Figura 2.14. Esquema productivo de la cadena foresto-industrial



Fuente: Centro de Estudios para la Producción, Ministerio de Economía y Producción. 2008.

La industria de la madera se caracteriza por estar conformada casi en su totalidad por pequeñas y medianas empresas, de las cuales la mayoría son microempresas (Figura 2.15). Sólo existen algunos aserraderos grandes orientados a la primera transformación (madera aserrada) y segunda transformación (remanufacturas) y los fabricantes de tableros reconstituidos, que por sus características son capital intensivos y tienen economías de escala en la producción (Maslatón, 2011).

Figura 2.15. Distribución de empresas de la industria maderera por rango de facturación anual



Fuente: Maslatón, 2011.

Las grandes firmas están integradas productivamente con la forestación y realizan inversiones en plantaciones para proveerse de su propia materia prima. Esta integración les permite tener economías de escala, con alto grado de competitividad tendiendo a la formación de clusters. Las PyMEs no están integradas hacia atrás y producen por lo general bienes de menos valor (MINEXT, 2010). En promedio, las PyMEs emplean 8 personas por empresa (10 los aserraderos, 7 muebles, 12 envases y pallets). El sector asociado al Registro Industrial Maderero abarca un universo de más de 7.600 empresas (las estimaciones llegan a 12.000, contabilizando los pequeños talleres), que emplean en forma directa a más de 62.000 personas (Maslatón y Ladrón González, 2007).

Con distintos grados de concentración, la industria se encuentra presente en todo el territorio nacional y tiene una importante presencia en varias provincias. Las extracciones de rollizos se destinan casi en la totalidad de su volumen a las diferentes industrias del mercado interno. La mayor parte de las extracciones de rollizos provienen de las provincias mesopotámicas, en especial pino y en segundo lugar eucalipto, mientras que la industria de la madera se encuentra localizada en todas las regiones del país. La primera transformación se asienta preponderantemente en las cercanías de los recursos forestales, debido a economías de localización asociadas a los costos de transporte. Las tres provincias mesopotámicas representan el 25% de las empresas, en orden de importancia Misiones, Corrientes y Entre Ríos.

Estas cuentan principalmente con aserraderos, carpinterías de menor porte y, en menor escala, producción de muebles. Estas provincias han avanzado significativamente en remanufacturas (molduras, pisos, etc.) ligadas al pino y, en menor medida, al eucalipto. En la Patagonia, el NOA y en las provincias del Chaco y Formosa, existe una importante cantidad de aserraderos, especialmente de maderas nativas, y pequeñas producciones de muebles y otros productos de carpintería. Los envases y pallets se producen, en especial, en las provincias productoras de frutas como Río Negro, Entre Ríos o Mendoza. Los postes utilizados para transporte de redes de alta tensión y rodrigones para la conducción de viñedos tienen mayor preponderancia en Entre Ríos, Santa Fe y Mendoza. Por otro lado, cerca de los principales centros de consumo como Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba o Mendoza, se instalan en su mayoría los eslabones más avanzados en la cadena de valor, en especial los de consumo final como muebles. Sin embargo, también se destaca la fabricación de pisos, aserrados, carpintería de obra y otras manufacturas. En estas tres primeras provincias se localiza casi el 60 % de las empresas de la industria maderera, fundamentalmente por el peso de las carpinterías y muebles, siendo además las que cuentan con mayor población, ingresos per cápita y disponibilidad de mano de obra calificada.

En 2011, la Federación Argentina de la Industria Maderera (FAIMA) con la colaboración del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) realizó un censo sobre las características de la foresto-industria. Entre otros resultados, se destaca una tendencia hacia el mayor aprovechamiento de los abundantes residuos generados en la industria maderera, la búsqueda de la mayor eficiencia en el rendimiento de la madera y la posibilidad de emplear los residuos para la generación de energía, tanto para el funcionamiento de los aserraderos como para suministrar energía a otras industrias.

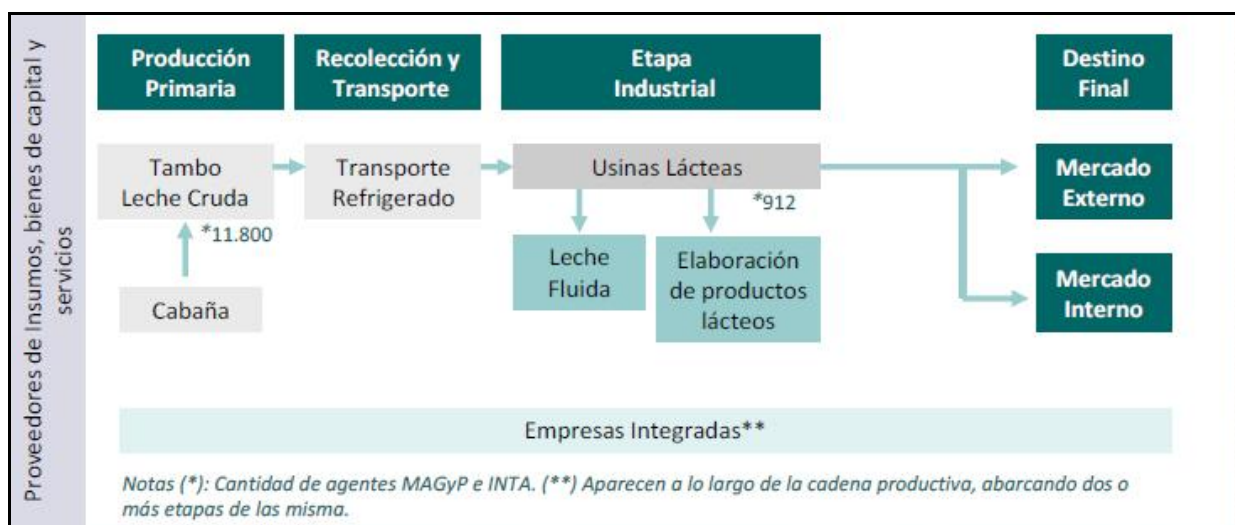
Los residuos se pueden destinar a los secaderos, para generar la energía eléctrica destinada a la planta y comercializar el excedente a la red, o a la producción de pellets de madera, entre otras aplicaciones (Maslatón, 2011). En otro documento reciente (MINEXT, 2010), se señala que el

sector está apremiado para incorporar tecnología, particularmente para aumentar la capacidad de secado e incorporación de maquinaria para procesar remanufacturas.

### 3.2.2. Perfil del subsector B: Industrialización de quesos

La cadena láctea presenta una importante diversidad productiva, tecnológica y de mercado, en todos los eslabones que la componen (*Figura 2.16.*). Las dos principales empresas procesan un tercio de la leche cruda, teniendo mayor participación en leche fluida para consumo y en leche procesada. Las usinas controlan precios de compra e imponen pautas tecnológicas a los tambos mediante pagos diferenciales por calidad y cantidad de leche procesada. Las cuencas de producción primaria se concentran en las provincias de la Región Centro y Buenos Aires. Las usinas lácteas se ubican en torno a las cuencas productivas. Las localizadas en Buenos Aires se orientan a la elaboración de productos para el mercado interno con fuerte presencia en el abastecimiento de leche fluida y productos frescos. Las de Santa Fe presentan mayor capacidad de procesamiento y de tamaño de planta promedio, orientándose a la exportación de commodities. Junto a las de Córdoba son las que poseen mayor especialización en quesos. Asimismo en Córdoba se observa una mayor presencia de PyMEs. A nivel de producción primaria, existe una fuerte heterogeneidad intrasectorial e interregional, que se manifiesta en una estructura atomizada. Los tambos que procesan menos de 3.000 litros por día y representan el 84% del total, producen el 56% de la leche, mientras que los que procesan más de 3.000 litros/día (16% restante) explican el 44% de la producción de leche (Canitrot e Itarregui, 2011).

**Figura 2.16. Esquema productivo de la cadena láctea**

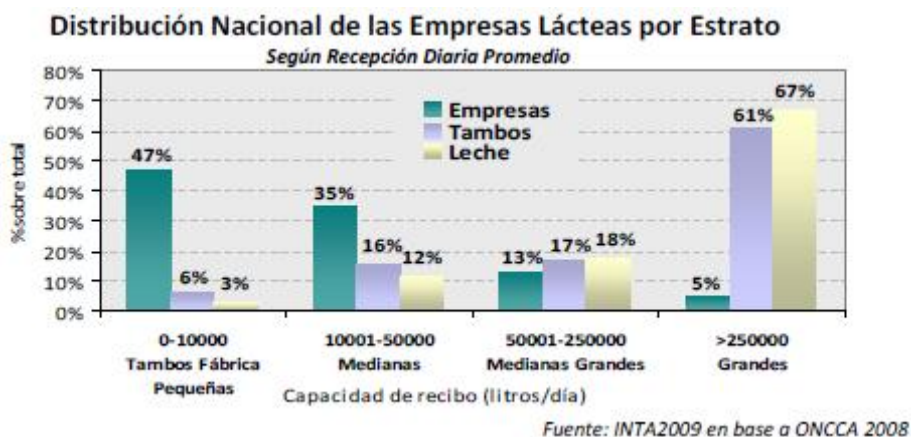


**Fuente: Canitrot e Itarregui, 2011.**

En el país, existen 912 plantas industriales, que pueden ser estratificadas según su capacidad de recepción diaria de leche (*Figura 2.17.*). En los estratos superiores (más de 50 mil litros) se ubican el 18% de las empresas, entre grandes y medianas grandes, que suelen tener estrategias multiplanta y multiproducto. En los estratos inferiores (menos de 50 mil litros), se ubican las

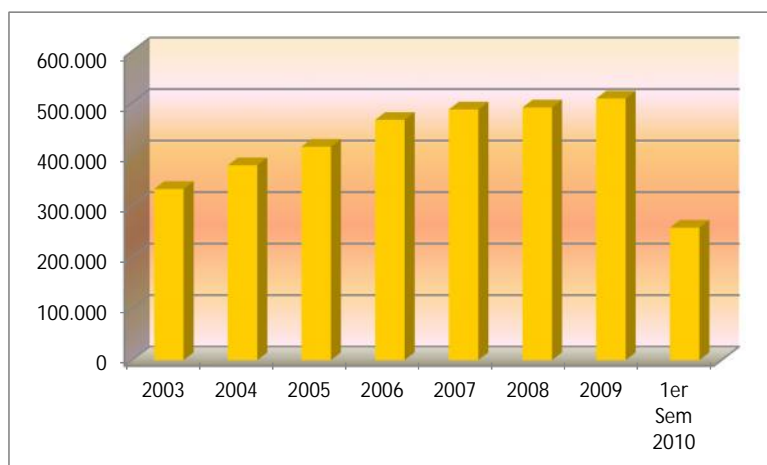
micro-, pequeñas y medianas empresas que representan el 82% del total. Dentro de este grupo hay muchos emprendimientos artesanales, que operan en el circuito informal y presentan un reducido peso económico.

**Figura 2.17. Distribución de empresas lácteas por estrato, según recepción diaria promedio**



Fuente: Canitrot e Iturregui, 2011.

**Figura 2.18. Evolución de la producción de quesos. En toneladas. Período 2003-1er semestre de 2010**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Canitrot e Iturregui, 2011.

La industria está fuertemente concentrada: el 5% de las empresas (todas ellas grandes) recibe leche del 61% de los tambos y participa del 67% del procesamiento de leche. Entre las empresas medianas grandes, que representan el 13% total, existen algunas multi-producto, que además de quesos elaboran otros productos para el mercado interno como leche fluida y productos frescos. Dentro de este segmento, hay un grupo de firmas con orientación

exportación. En los últimos estratos se ubican productores orientados a la elaboración de quesos de pasta blanda. Este tipo de quesos representa el 55% del total de la producción. En términos de volumen, los quesos constituyen el principal destino de la leche. En 2009 representaron el 32%, alcanzando un récord histórico de 508.069 toneladas (Figura 2.18.). Entre 2003 y 2009, aunque el

mercado interno ha sido el principal impulsor del crecimiento de este producto, las exportaciones también jugaron un papel importante. Argentina ocupó el 4to lugar en exportación de quesos en 2009. En 2010, las exportaciones de quesos representaron el 20% del total exportador. Los principales indicadores de la cadena láctea se resumen en la *Tabla 2.4*.

**Tabla 2.4. Principales indicadores de la cadena láctea**

Dimensión	Variable	Valor	Fuente	Dimensión	Variable	Valor	Fuente
Producción de leche cruda	Volumen 2009	10.055 mill. de litros	MaGyP	Uso de la Capacidad Instalada Industrial	Capacidad de procesamiento anual de leche cruda (2008)	63%; 10.010/16.000 mill. de litros/año	MaGyP
	Dinámica 2003-2009 Tasa acumulativa anual	4%					
Producción de leches fluidas	Volumen 2009	7.488 mill. de litros	MaGyP	Cantidad de Establecimientos	Tambos (2009)	11.800	INTA
	Dinámica 2003-2009 Tasa acumulativa anual	4%		Usinas Lácteas (2009)	912		
Producción de Quesos	Volumen 2009	508.069 Toneladas	MaGyP	Mercado	Producción primaria (2009)	16% Tambos; 41% leche	INTA
	Dinámica 2003-2009 Tasa acumulativa anual	7%			Hab. de productos lácteos (2008)	2 empresas procesan 1/3 de la leche	
Producción de leche en polvo	Volumen 2009	224.914 Toneladas	MaGyP	Empleo	Producción primaria 2004	29.500	SPE
	Dinámica 2003-2009 Tasa acumulativa anual	-0,3%			Usinas lácteas 2004	22.667	
Exportaciones Totales	Valor 2010	930 mill. de dolares	Indec	Localización	Número de tambos (2006)	Sta. Fe 42%; Córdoba 28%; Bs. As. 17%; E. Ríos 11%; La Pampa 2%	INTA CH
	Dinámica 2003-2010 Tasa acumulativa anual	18%			Usinas lácteas (2009)	Córdoba 39%; Bs. As. 33%; Sta. Fe 19%; E. Ríos 6%; La Pampa 3%	
Exportaciones Leche en Polvo	Valor 2010	516 mill. de dólares	Indec	Participación en el VBP	Producción primaria (2006)	4.744 mill. de pesos; 8% del VBP agropecuario	Estimación R. Bisatig
	Dinámica 2003-2010 Tasa acumulativa anual	14%			Elaboración de productos lácteos (2004)	6.741 mill. de pesos; 10% VBP Agroalimentario; 3% total industrial	
Exportaciones Quesos	Valor 2010	190 mill. de dólares	Indec				
	Dinámica 2003-2010 Tasa acumulativa anual	20%					
	% de la producción (2009)	67%					
	% de la producción (2009)	7%					

Fuente: Canitrot e Iturregui, 2011.

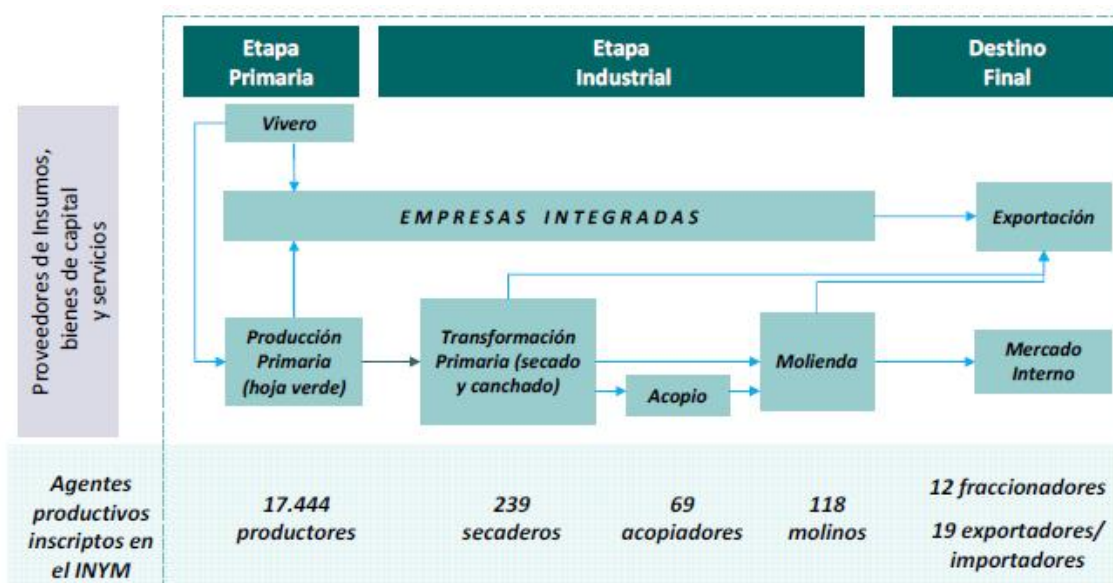
### 3.2.3. Perfil del subsector C: Industrialización de yerba mate y té

La producción de infusiones es una actividad tradicional de las provincias de Misiones y Corrientes, especialmente el cultivo de la yerba mate. Su protagonismo en la economía regional se ha mantenido debido a la fortaleza de su consumo y a la gran cantidad de agricultores que participan en estas producciones (Schwartz, 2011).

El cultivo de la yerba mate tiene gran importancia socio-económica en el país. Además del elevado índice de consumo doméstico, estimado en 5-6 kg/habitante/año, en la última década, genera ingresos por ventas en el exterior, siendo Siria el principal destino de las exportaciones. Moviliza a los sectores productivo, industrial y comercial, siendo un cultivo estratégico desde el punto de vista de ocupación de mano de obra y de desarrollo regional (Parra, 2010). A nivel mundial, Argentina es el principal productor, seguido en importancia por Brasil y Paraguay. La yerba mate se produce fundamentalmente en las provincias de Misiones y Corrientes (Canitrot et al., 2011).

La estructura del complejo yerbatero se ilustra esquemáticamente en la *Figura 2.19*. En la misma, se incluye el número de los agentes productores inscriptos en el Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM). Los principales indicadores de este complejo productivo se detallan en la *Tabla 2.5*.

**Figura 2.19. Esquema de la cadena productiva de yerba mate**



Fuente: DIAR-DIAS en base a INYM

Fuente: Canitrot et al., 2011.

**Tabla 2.5. Principales Indicadores para el complejo yerbatero**

Dimensión	Variable	Valor	Fuente	Dimensión	Variable	Valor	Fuente
Producción de Hoja Verde	Volumen 2010	714.450 toneladas	INYM	Cantidad de Establecimientos	Productores (2010)	17.444	INYM
	Tasa acumulativa anual	-1,2%			Secaderos (2010)	239	
Producción de Yerba Molida	Volumen 2010	246.155 toneladas	INYM		Molinos (2010)	118	
	Tasa acumulativa anual	-1,2%		Mercado	Producción primaria	70% productores con menos de 10 has. ocupan 52% de la spcie.	INTA
Exportaciones Totales	Valor 2010	42 mill. de dólares	Indec		Molinos	4 molinos explican el 50% de la producción	AACREA
	Dinámica 2003-2010 Tasa acumulativa anual	12,1%		Empleo	Producción primaria	13 mil personas	UATRE
	% de la producción	15%			Industrial	5138 empleados	CNE 04
Exportaciones de Yerba Canchada (incluye secada y extractos)	Valor 2010	4,6 mill. de dólares	Indec	Localización	Spicie cultivada (2010)	90% Misiones; 10% Corrientes	INYM
	Dinámica 2003-2010 Tasa acumulativa anual	13,8%			Prod. Primaria (2010)	84% Misiones 16% Corrientes	INTA 2010
	% de la producción	2,3%			Cant. de productores (2010)	97% Misiones; 3% Corrientes	INYM 2010
Exportaciones de Yerba Molida	Valor 2010	37,4 mill. de dólares	Indec				
	Dinámica 2003-2010 Tasa acumulativa anual	11,9%					
	% de la producción	12,8%					
Valor Bruto de Producción (2010)		1.828 millones de pesos	DIAR-DIAS				

Fuente: Canitrot et al., 2011.

La oferta primaria se encuentra atomizada. La mayor parte de los productores primarios tienen yerbatales de menos de 10 hectáreas, con plantaciones de baja densidad, en donde la cosecha es manual y en la que se combina la producción de yerba mate con otras actividades agrícolas-ganaderas (tabaco, té, ganado bovino, bosque implantado, etc.).

El proceso de industrialización de la yerba mate se divide en varias etapas: en la primera, se obtiene la “hoja verde”, que es el producto de la cosecha que se destina al secado; en la segunda, la “yerba mate canchada”, que resulta de varios procesos de secado y constituye la materia prima de la molienda y por último, la “yerba mate molida” derivada de la molienda, que se comercializa luego en distintos formatos. El eslabón industrial presenta una fuerte concentración. Al ser un mercado maduro, la expansión de la producción se dirige fundamentalmente al desarrollo de nuevos destinos y/o productos (infusión, utilización de principios activos con fines medicinales, entre otros).

Desde 2002, la actividad del sector está regulada por el INYM (Ley 25.564), que es un ente de derecho público no estatal con jurisdicción nacional que aplica normas, implementa procedimientos, planifica la actividad y releva estadísticas. En 2007, se implementó el Programa Regional de Apoyo al Sector Yerbatero (PRASY), que promueve el desarrollo, capacitación e innovación tecnológica en las distintas etapas que conforman el complejo productivo, mediante el otorgamiento de fondos no reintegrables (ANR). Este programa es coordinado con el INTA y la Universidad Nacional de Misiones. Además, la Estación Experimental Agropecuaria del INTA de Cerro Azul realiza actividades de investigación sobre degradación de plaguicidas, técnicas de rebaje y poda, tecnología de cosecha, mejoramiento genético (clones) y rendimiento según densidad de plantas.

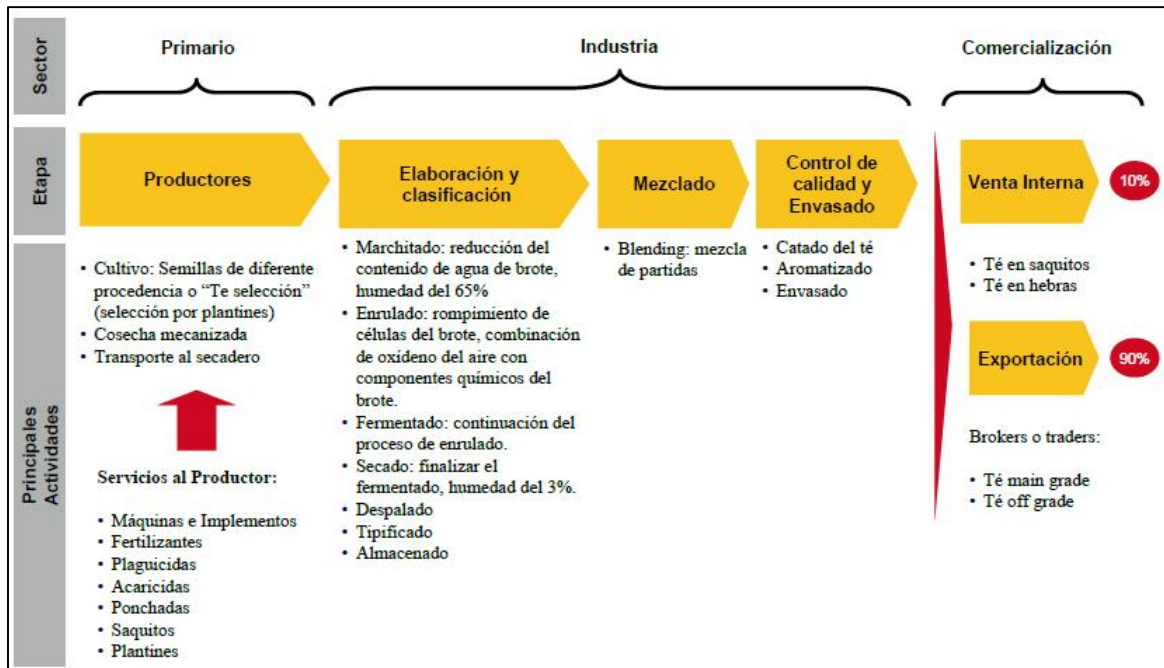
Las plantaciones de té en Argentina también se encuentran localizadas en la provincia de Misiones y en el noreste de la provincia de Corrientes. La superficie total afectada a este cultivo, según estimaciones del Instituto Provincial de Estadística y Censo (IPEC) de Misiones y la Dirección de Estadística de Corrientes, al año 2008 asciende a 46,56 mil hectáreas. Misiones es la provincia que mayor superficie posee (96,2%), seguida por Corrientes (3,8%). Entre Misiones y Corrientes, suman alrededor de 8.000 productores tealeros, los que explotan una extensión cercana a las 40.000 hectáreas. Normalmente se encuentran asociados a través de cooperativas. La estructura productiva de la cadena tealera se muestra en la *Figura 2.20*.

En Argentina, la producción anual de té negro seco es de alrededor de 79.000 toneladas, con un total de 6400 productores involucrados en su producción, concentrándose el 89,5% en explotaciones de hasta 50 ha y una superficie media con té de 3 a 5 ha. La balanza comercial del té en Argentina muestra superávit sostenido. Argentina es un exportador de té de relevancia internacional y destina cerca del 95% del volumen producido a ventas a mercados externos. Se posiciona en el séptimo lugar del ranking de exportadores de té a nivel mundial. Durante junio 2009 se exportaron 6.430,2 toneladas de té, por un valor de 6,5 millones de dólares FOB, con un precio promedio de exportación de 1.005,9 U\$S FOB/ton (A. Parra, 2009).

Entre otras debilidades del sector tealero, se ha detectado la obsolescencia de los actuales sistemas de generación y transferencia de calor en las etapas de secado de la hoja (COFECYT-MINCYT). Según distintos referentes del sector, la puesta en marcha de un secadero y una tipificadora de té (considerando también la obra civil y el depósito correspondiente) con un

rendimiento diario aproximado de 12,5 toneladas, posee un costo de 17 millones de dólares, los cuales (suponiendo que dicho establecimiento trabaje durante seis meses, período típico de cosecha, lograrían una producción anual promedio de 3.000 toneladas (Schwartz, 2011).

Figura 2.20 Esquema de la cadena productiva de té negro



Fuente: COFECYT-PROFECYT-MINCYT

Actualmente, se está consolidando el aglomerado productivo del sector tealero (cluster) integrado por todos los eslabones de la cadena productiva, instituciones públicas y del conocimiento, incluyendo al INTA, con el objetivo principal de consolidar el sector primario de la actividad. Recientemente, en el marco de un proyecto de asistencia del Ministerio de Industria, un grupo asociativo de productores "Cooperativa Agrícola Limitada de Ruiz Montoya" instaló una nueva planta de procesamiento de yerba mate y té -con una inversión del orden de los 2.5 millones de pesos-, infraestructura que promovió la mejora de la calidad de sus productos y el acceso a mercados de exportación en Asia y Europa.



#### 4. IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS EXISTENTES O EN DESARROLLO PARA LA IMPLEMENTACIÓN A NIVEL LOCAL.

A los fines del estudio se analizaron 19 tecnologías de cogeneración aplicables a la pequeña y mediana industria (Figura 2.21) A continuación se describen los componentes de una planta de cogeneración, se analizan cada una de las tecnologías relevadas haciendo referencia a sus características, consideraciones de diseño, eficiencia, ventajas y desventajas y emisiones, como así también se definen los costos, economía y financiamiento asociados a plantas de cogeneración.

Figura 2.21. Tecnologías analizadas

1. TURBINA DE VAPOR	2. CICLO RANKINE ORGANICO	3. CICLO KALINA	4. TURBINA DE GAS
5. TURBINA DE GAS COMBUSTION EXTERNA	6. CICLO DE CHENG	7. MICRO TURBINAS	8. CICLO COMBINADO
9. CICLO DE AIRE DE COLA	10. MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CICLO OTTO	11. MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CICLO DIESEL	12. MOTOR STIRLING
13. MOTOR DE EXPANSION DE VAPOR	14. MICRO MOTORES	15. CELDAS DE COMBUSTIBLE	16. CONVERTIDORES TERMIONICOS
	17. CONVERTIDORES TERMOFOTOVOLTAICOS	18. GENERADORES TERMO ELECTRICOS	19. TRIGENERACION

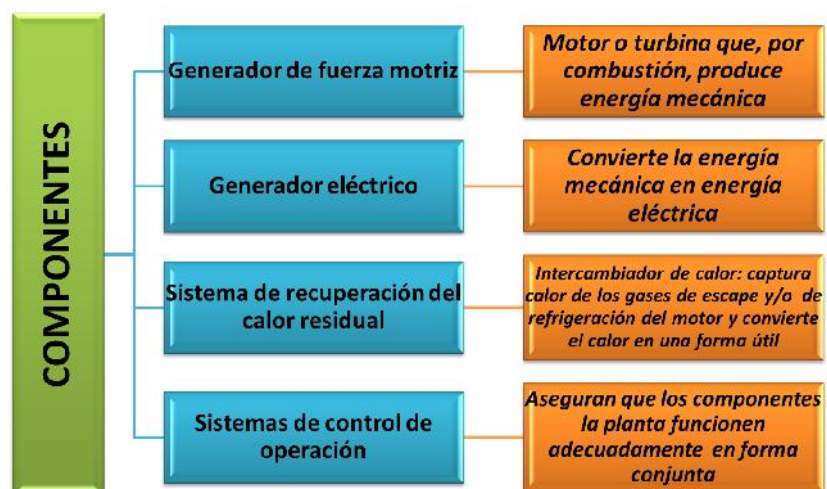
Fuente: Elaboración propia

##### 4.1. Componentes principales de las plantas cogeneración

Entre los principales componentes de las plantas de cogeneración (Figura 2.22.), se encuentran el generador de fuerza motriz que es un motor o turbina que, generalmente mediante combustión, produce energía mecánica.

El generador eléctrico convierte la energía mecánica en energía

Figura 2.22. Principales componentes de las plantas de cogeneración



Fuente: Elaboración propia

eléctrica. El sistema de recuperación del calor residual, que consiste en uno o más intercambiadores de calor, captura el calor de los gases de escape) y/o el calor de refrigeración del motor y convierte este calor en una forma útil. Los sistemas de control de operación aseguran que los componentes individuales de la planta funcionen adecuadamente en forma conjunta. Un sistema de recuperación de calor muy usado es la caldera de recuperación de calor HRSG (por las siglas en inglés, Heat Recovery Steam Generator). Este equipo recupera calor de los gases de escape y lo transfiere al agua alimentada a la caldera para generar vapor.

En comparación con una caldera convencional, la caldera HRSG tiene mayor tamaño para la misma generación de vapor, ya que la menor temperatura de los gases de escape requiere una mayor área de transferencia (Flin, 2010).

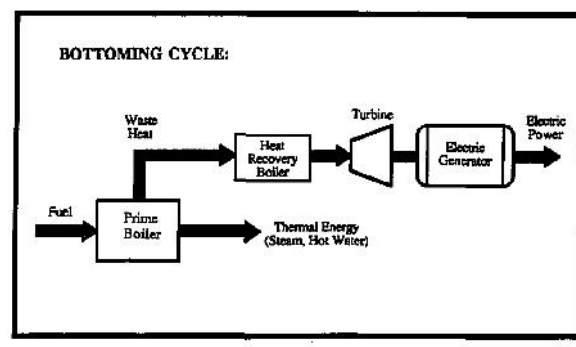
Los sistemas de cogeneración se clasifican según su ubicación en el ciclo o por el tipo de generador de fuerza motriz. Por su ubicación en el ciclo, se distinguen:

- Sistemas de ciclo de cola (bottoming cycle)
- Sistemas de ciclo de cabeza (topping cycle).

#### a) sistemas de ciclo de cola

En los sistemas de ciclo de cola, la energía térmica se produce directamente a partir de la combustión del combustible. Esta energía usualmente adopta la forma de vapor, que provee cargas de calor de proceso. El calor residual a partir del proceso se recupera y se utiliza como una fuente de energía para producir potencia eléctrica o mecánica. Los sistemas de cogeneración de ciclo de cola se emplean generalmente en plantas industriales que cuentan con equipamiento que requiere calor de alta temperatura, tales como hornos en la industria del acero y vidrio.

Figura 2.23. Sistemas de ciclo de cola

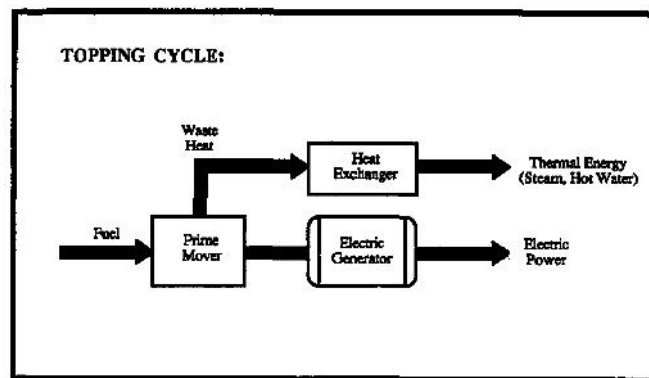


Fuente: Penht et al., 2006

## b) Sistemas de ciclo de cabeza

Los sistemas de cogeneración de ciclo de cabeza invierten el orden de los sistemas ciclo de cola. En estos sistemas, el combustible se utiliza primero para generar energía eléctrica o mecánica y luego, el calor residual se recupera para proveer energía térmica útil. Los sistemas de ciclo de cabeza son generalmente convenientes para instalaciones que no tienen requerimientos de temperaturas de proceso extremadamente altas.

Figura 2.24. Sistemas de ciclo de cabeza



Fuente: Penht et al., 2006

El generador de fuerza motriz es el componente en el que se centran los sistemas de cogeneración. Los tres tipos básicos son:

- Turbinas de vapor
- Turbinas de gas
- Motores de combustión interna

Las turbinas de vapor y de gas son los generadores de fuerza motriz más adecuados para procesos industriales, debido a su gran capacidad y habilidad para producir vapor de media y alta temperatura. Actualmente, también se comercializan microturbinas y celdas de combustible.

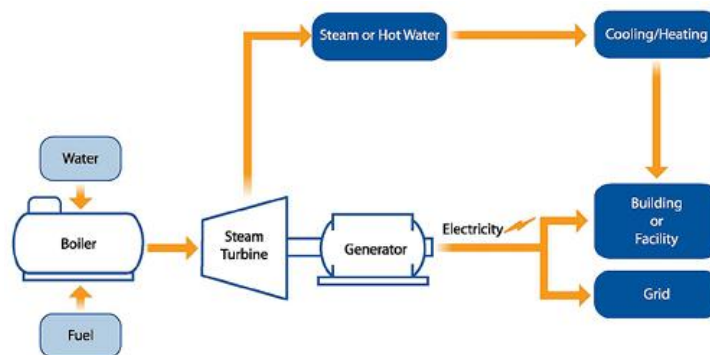
Las principales características de cada tipo de generador, sus ventajas y desventajas, eficiencia como así también las modificaciones o alternativas que conducen a las distintas tecnologías de cogeneración, se describen a continuación en la siguiente subsección.

## 4.2. Tecnologías de cogeneración

### 4.2.1. Turbina de vapor

La turbina de vapor (ciclo Rankine convencional) es una turbomáquina rotora que transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica, a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido de trabajo (el vapor) y el rodete, órgano principal de la turbina. Este cuenta con palas o álabes, los cuales tienen una forma particular para poder realizar el intercambio energético. La disminución de contenido entálpico del vapor se convierte en trabajo mecánico, que es aprovechado por un generador para producir electricidad.

Figura 2.25. Caldera de vapor con turbina de vapor



Fuente: ClimateTechBook, 2011.

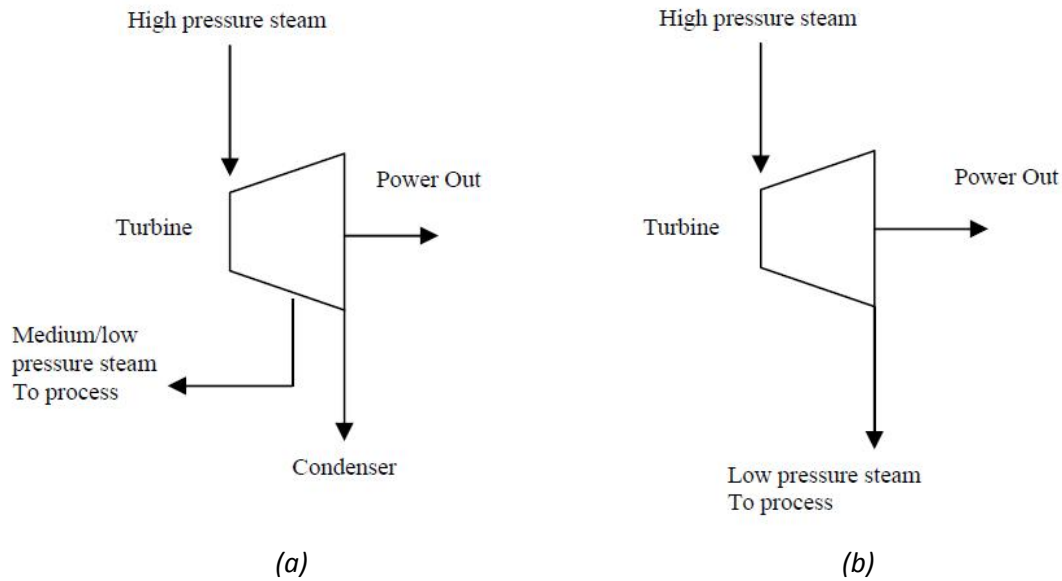
Existen dos tipos principales de turbina de vapor utilizadas en CHP: las turbinas de contrapresión y las turbinas de extracción (Figura 2.26). Las segundas son más utilizadas que las primeras, ya que permiten independizar los requerimientos de calor y electricidad. A medida que la presión de descarga es menor, la turbina generará más electricidad a expensas de generar menor calor utilizable. Dado que se utiliza una caldera para la generación del vapor, este sistema de cogeneración permite el uso de una gran variedad de combustibles (US-EPA, 2008).

- **Eficiencia**

La eficiencia termodinámica de la turbina de vapor (el cociente de la energía eléctrica producida a la energía que llega al ciclo termodinámico) es del 65% al 90%. La eficiencia de las calderas de producción de vapor es de 70 - 85% del poder calorífico superior; las pérdidas de calor en humos de chimenea son del orden del 15% - 30%.

La eficiencia de esta tecnología utilizada en CHP es de 80-85%, mientras que la eficiencia eléctrica es de 15-30%. Esto se debe a que las turbinas de vapor generan la electricidad como un producto secundario; la instalación se realiza con el objetivo de maximizar la producción de vapor. Así la relación calor/electricidad de esta tecnología es siempre mayor a 3 y, normalmente, tiene valores cercanos a 10 (DECC-UK, 2011).

**Figura 2.2.6. Turbina de vapor de: (a) Extracción; (b) Contrapresión**



Fuente: US EPA, 2008

- **Consideraciones de diseño**

Las turbinas de vapor (especialmente las pequeñas) tienen pérdidas de vapor a través de los sellos. Estas pérdidas de vapor se traducen en pérdidas de generación de electricidad. Además, si la presión de descarga es menor a la atmosférica, puede entrar aire al ciclo que luego debe ser removido.

Debido a que se utilizan presiones elevadas de vapor, la carcasa debe tener un espesor considerable, lo que genera una gran inercia térmica. Se puede recalentar el vapor a la salida de la turbina para ser utilizada en una segunda expansión y aumentar la generación de electricidad. Se evita así la generación de condensado que dañaría las palas de la turbina.

En relación a la caldera, es necesario instalar una válvula de seguridad para evitar posibles accidentes. Si la turbina dejase de funcionar sin una válvula de seguridad instalada, se generaría calor en exceso que finalmente destruiría la caldera.

- **Ventajas y desventajas**

La principal ventaja de la turbina de vapor frente a otras tecnologías de cogeneración es la posibilidad de utilizar prácticamente cualquier tipo de combustible para la generación del vapor. Se puede emplear biomasa donde ésta sea abundante o combustibles sucios como el carbón si éste resulta económico. También, pueden utilizarse gas natural, gasolina, residuos sólidos municipales, entre otros combustibles.

Otra virtud de esta tecnología es su gran disponibilidad (tiempo que se encuentra funcionando) cercana al 99%. El tiempo entre paradas para el mantenimiento es mayor al año. Además, la vida operacional de una turbina de vapor es de alrededor de 50 años (WADE, 2006). Las turbinas de vapor se construyen para funcionar en un gran rango de presiones, temperaturas y caudales. Esto permite que sean aplicables a un amplio rango de procesos, de acuerdo a las necesidades del usuario.

Entre las desventajas, la principal es el prolongado período de precalentamiento de las turbinas. Éste puede resultar de hasta un día. Otras desventajas son la alta generación de ruido y el bajo rendimiento eléctrico.

- **Aplicaciones**

La turbina de vapor es la tecnología de cogeneración más usada en la actualidad, especialmente en la industria papelera, ya que ésta dispone de abundantes residuos de madera y otras biomásas para su combustión. Esta tecnología es conveniente en aquellas industrias que necesiten generar una gran cantidad de calor y la electricidad se consuma de manera secundaria.

- **Emisiones**

Las emisiones de las calderas asociadas a las turbinas de vapor dependen del combustible que se queme, de la temperatura de la caldera y del exceso de aire utilizado. Indistintamente del combustible utilizado, las emisiones de  $\text{NO}_x$  son mayores a las emitidas por turbinas de gas o motores de combustión interna.

#### **4.2.2. Ciclo Rankine orgánico**

Un ciclo Rankine orgánico (ORC) consta básicamente de los mismos equipos que un ciclo Rankine convencional: un condensador, una bomba, un vaporizador y una turbina. La diferencia entre el ORC y el ciclo Rankine convencional es el fluido de trabajo; en este último, el fluido es agua, mientras que en el ORC se emplea algún refrigerante orgánico.

Como el proceso de evaporación tiene lugar a temperaturas y presiones menores que en el ciclo Rankine convencional, este proceso es apto para recuperar energía de gases de escape de baja temperatura en un ciclo de cola. Además, existe una menor diferencia de temperatura entre aquellas de condensación y de evaporación; esto significa que la relación de presiones también será menor lo que permite el uso de turbinas más pequeñas y de simple etapa, reduciendo los costos iniciales.

La expansión del vapor saturado del fluido orgánico da a lugar a un vapor sobrecalentado en lugar de una mezcla de vapor/ líquido saturado. Así, el sobrecalentamiento del vapor no es necesario y se reduce el consumo de calor y el riesgo de generación de gotas que puedan dañar la turbina es menor (Tchanche et al., 2011).

Entre los fluidos orgánicos posibles, se encuentran los siguientes: hidrocarburos, HCF, HCFC, siloxanos, alcoholes, aldehídos, etc. Respecto al agua, los fluidos orgánicos presentan las siguientes desventajas:

- su estabilidad química no es tan buena.
- su viscosidad es normalmente mayor (se requiere mayor trabajo de bombeo).
- son tóxicos, inflamables y afectan el medio ambiente (efectos en la disminución de la capa de ozono y/o en el aumento del efecto invernadero).
- son más caros y menos abundantes que el agua.

Los ORC tienen una alta eficiencia a carga total y parcial, lo que los convierte en una alternativa adecuada para pequeña escala.

- **Consideraciones de diseño**

Para la selección del fluido orgánico a utilizar, el principal factor es la temperatura de la corriente de gases de escape o de gases combustibles. Dado que no hay experiencia en escala industrial en ORC supercrítico, es deseable trabajar con fluidos subcríticos. Así, la temperatura crítica debe ser mayor que la máxima de operación en el ciclo. La temperatura de fusión debe ser menor que la del medio ambiente para asegurar que el fluido no se congele durante la operación. Otras características deseables son: elevada densidad, baja viscosidad, elevada conductividad térmica, así como baja inflamabilidad y bajo impacto ambiental, entre otras (Papadoupoulos et al., 2010).

- **Aplicación en CHP**

Existe experiencia y disponibilidad comercial de plantas de combustión de biomasa con ORC en el rango de los 400-1.5 MW. La eficiencia eléctrica de este ciclo es aproximadamente un 20% superior al Rankine convencional, con 80-85% de eficiencia total. En las plantas de ORC de este tamaño, si bien el costo inicial es superior a las de Rankine convencional, el costo operativo es menor debido a que se logra un buen control, al alto grado de automatización y a los bajos costos de mantenimiento. Además, como las presiones de trabajo son menores, requieren menos medidas de seguridad de las plantas, lo que disminuye aún más el costo.

El ciclo CHP no emplea directamente los gases de combustión o de escape, sino que utiliza un fluido intermedio (un aceite térmico). Así, los gases combustibles no circulan por los mismos equipos que el fluido orgánico a fin de evitar posibles accidentes. Por otra parte, el aceite térmico absorbe las fluctuaciones (caudal, temperatura) de los gases combustibles y se logra que el ORC funcione con parámetros más uniformes (Dong et al., 2009).

- **Emisiones**

Las emisiones de la combustión dependen del tipo de combustible usado. Si se utiliza el ORC como un ciclo de cola para recuperación de calor, se logra disminuir la contaminación térmica.

Cabe mencionar que varios de los fluidos orgánicos usados en ORC pueden afectar la capa de ozono y tienen un índice de calentamiento global que puede ser miles de veces superior al CO<sub>2</sub>.

### 4.2.3. Ciclo Kalina

El ciclo Kalina es una variante del ciclo Rankine. La principal diferencia es que el fluido circulante es una mezcla de agua y amoníaco, (mezcla que no presenta azeótropo). Esta mezcla tiene puntos de burbuja y de rocío que dependen de la composición de la mezcla: a mayor contenido de amoníaco, menores son éstos. La evaporación y la condensación en este ciclo son procesos no isotérmicos (Figueredo et al., 2011).

El ciclo Kalina utiliza los mismos equipos básicos que un ciclo Rankine: evaporador, turbina, condensador y bomba. Además de estos equipos, en el ciclo Kalina se utilizan separadores o torres de destilación para obtener mezclas de distinta composición que se emplean en el ciclo.

La evaporación en el ciclo Kalina no es total. Aguas arriba del evaporador se encuentra un separador donde la corriente de vapor (rica en  $\text{NH}_3$ ) se separa de la corriente rica en agua, que se utiliza para precalentamiento. La corriente vapor rica en amoníaco circula a través de la turbina. Un generador conectado a ésta produce electricidad. Como el peso molecular del  $\text{NH}_3$  (17 g/mol) es similar al del agua (18 g/mol), se pueden utilizar turbinas de contrapresión convencionales. No existe un requerimiento especial para el material de construcción de las turbinas para operar con las mezclas de agua y amoníaco (Ogriseck, 2009).

Luego del pasaje por la turbina, las fases rica y pobre en amoníaco se mezclan y condensan en el condensador. Debido a que la mezcla no es azeotrópica, la temperatura en la evaporación (temperatura de burbuja) aumenta con el transcurso de este proceso, mientras que la temperatura de condensación (temperatura de rocío), disminuye con el mismo. Así, las temperaturas de la mezcla  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  se acerca más a la de las fuentes fría y caliente, aumentando la eficiencia del ciclo.

- **Consideraciones de diseño**

En ciclos que funcionan con fuentes de calor de baja temperatura, como el Kalina y el ORC, la temperatura del agua usada para condensar afecta fuertemente el rendimiento del ciclo. La optimización del ciclo es función de las temperaturas del agua de enfriamiento a lo largo del año: se debe encontrar una composición óptima de agua-amoníaco para cada caso.

Un alto contenido de amoníaco y una presión elevada en la entrada de la turbina generan un alto contenido de humedad a la salida de la turbina. El ciclo debe funcionar con un contenido de humedad menor al 10% en esta corriente para evitar daños en las turbinas.

- **Eficiencia**

En los ciclos de cola de recuperación de calor, el objetivo no es producir calor, sino generar electricidad a partir de una corriente residual de calor. Los ciclos Kalina para estos fines alcanzan eficiencias eléctricas de alrededor del 15%. Un ciclo Kalina permite producir un 20% más de electricidad que un ciclo Rankine (este porcentaje de beneficio es función de la temperatura de la corriente de calor residual: mientras mayor sea la temperatura menor será el beneficio del ciclo Rankine).



- **Aplicación en CHP**

El ciclo Kalina se puede utilizar en gases de escape de motores de combustión interna (Diesel o de ignición) para mejorar el rendimiento eléctrico, a expensas de generar menos calor. Para estos fines, también se utilizan los ciclos ORC. Comparando ambos ciclos, el ciclo Kalina hace uso de presiones más elevadas para la obtención de electricidad semejante. Esto implica utilizar turbinas multietapas o que roten a gran velocidad para tener una buena eficiencia isoentrópica. El Kalina presenta ciertas ventajas respecto al ORC; por ejemplo, el amoníaco es más económico y de más fácil disponibilidad que la mayoría de los fluidos orgánicos. Además, existe una gran experiencia en el uso de amoníaco en la industria (Bombarda et al., 2010).

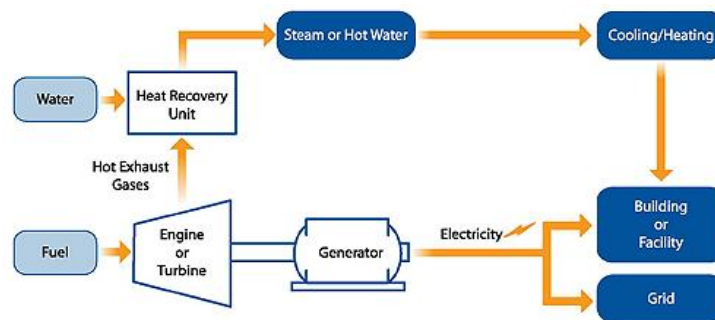
- **Emisiones**

El amoníaco es una sustancia más benigna en términos de calentamiento global y ataque a la capa de ozono que los fluidos orgánicos de ORC.

#### 4.2.4. Turbina de gas

Las turbinas de gas se han convertido en la tecnología más extendida para la cogeneración a gran escala en los últimos años. Los sistemas de turbina de gas de combustión consisten en una o más turbinas de gas y en una unidad de recuperación del calor residual. Estos sistemas se alimentan con gas natural o con productos livianos derivados del petróleo. Los productos de la combustión accionan la turbina que genera energía mecánica y se convierte en electricidad en un generador (*Figura 2.27.*). Los gases calientes de escape de la turbina de gas pueden emplearse directamente en aplicaciones que requieren calor de proceso o en forma indirecta, mediante un intercambiador de calor, para producir vapor de proceso o agua caliente (Wayne, 2006).

**Figura 2.27. Turbina de gas o motor con unidad recuperación de calor**



**Fuente: ClimateTechBook, 2011.**

- **Funcionamiento**

Se basa en el ciclo termodinámico de Brayton; el aire atmosférico se calienta y se comprime y a continuación se expande en la turbina. La potencia generada será proporcional a la temperatura absoluta de entrada del gas a la turbina. El combustible ingresa en una cámara de combustión

presurizada a 700 kPa o mayor, junto con el aire comprimido en el sector de compresión de la turbina. Los gases de combustión presurizados, a 900 – 1000 °C, ingresan a la zona de los álabes para producir energía mecánica y abandonan dicha zona con una temperatura de aproximadamente 400 – 500 °C. El gran caudal de gases de escape con esta elevada temperatura se destina a cubrir la demanda de calor de la planta, normalmente, en forma de vapor generado en una caldera de recuperación de calor

Las turbinas de gas operan bajo condiciones precisas de alta velocidad de rotación y alta temperatura. El gas caliente que abandona la cámara de combustión debe estar libre de material particulado, que puede erosionar los álabes y, además, contener mínimas cantidades de contaminantes que eventualmente pueden ocasionar corrosión en las condiciones rigurosas en las que opera la turbina. Cuanto más alta sean la temperatura y la presión del gas, se podrá obtener una mayor cantidad de energía. El límite lo impone la economía de los materiales de construcción de la turbina (Flin, 2010).

- **Combustibles**

Requiere combustibles de buena calidad; en general, las turbinas de gas emplean gas natural, pero también pueden utilizar gas oil y gas licuado de petróleo (líquido o gaseoso) y naftas. Pueden configurarse para funcionar en forma dual con gas natural o combustibles líquidos, aprovechando las ventajas de las menores tarifas del suministro de gas natural ininterrumpible. Los combustibles líquidos requieren su propio sistema de bombeo medición y mezcla. La performance es levemente superior empleando combustible líquido, debido a la menor energía necesaria para presurizarlos y al mayor flujo másico inyectado.

- **Eficiencia**

Las turbinas de gas alcanzan una eficiencia total de 70-80 % respecto al HHV del combustible y una eficiencia eléctrica de 24-31%. Esta baja eficiencia eléctrica, respecto a las máquinas de combustión interna, posibilita la recuperación de una mayor cantidad de calor a temperaturas más altas (US-EPA, 2008).

- **Confiabilidad y vida útil**

Con el debido mantenimiento preventivo, que consiste en monitorear su correcta performance y que no existan excesivas vibraciones, soportan de 25000 a 50000 horas de funcionamiento sin entrar en parada. Durante la parada de servicio de mantenimiento, se inspeccionan todas las dimensiones de la turbina y sus componentes, compresor, rotor, rodamientos, álabes, empaquetaduras y se reemplaza o mejora aquellas que se han deteriorado o apartado de sus dimensiones originales. Su disponibilidad es superior al 95%.

- **Consideraciones de diseño**

Hay diversos tamaños de turbinas de gas con capacidades desde 500 kW hasta 250MW. Deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones para el diseño:

- 1) Consumo específico de combustible – características de producción (output), depende de la temperatura ambiente, la diferencia de presiones, y la carga de operación de la turbina.
- 2) Temperatura de los gases de escape, está relacionado con la cantidad de calor a recuperar en el HRSG.
- 3) Estudios paramétricos para condiciones fuera de diseño: variando la cantidad de combustible primario o suplementario alimentado se modificarán el flujo y la temperatura de vapor de salida de la HRSG. Cuando el análisis se lleva a cabo sobre un amplio rango de cargas de salida, alimentaciones de combustible y temperaturas se denomina estudio paramétrico; éste puede ser proporcionado como modelo por el fabricante.
- 4) Efecto de la presión de los gases de escape sobre la temperatura y la producción. La contrapresión que ofrece la HRSG provoca una disminución de producción de un modo análogo al efecto que produce la elevación sobre el nivel del mar.

- **Ventajas y desventajas**

Entre las ventajas, se encuentran la buena eficiencia de combustión, costos moderados de obras de instalación, la rápida disponibilidad, las bajas emisiones y una gran flexibilidad de operación. Como desventajas, se pueden mencionar la baja eficiencia en operación a capacidad parcial, el requerimiento de combustibles de buena calidad y el hecho que la performance se vea reducida por un incremento de la temperatura del aire y/o de la altitud sobre el nivel del mar.

- **Emisiones**

La turbina de gas es uno de los dispositivos más limpios de los que se dispone para generar energía eléctrica; las emisiones de  $\text{NO}_x$  de las TG de mayor capacidad son inferiores a 9 ppm. Esto se debe a la alta eficiencia de combustión del gas natural, que normalmente se emplea como combustible. También, en este sentido, las emisiones de  $\text{CO}_2$  por kWh generado son menores que las que se producen empleando cualquier otro combustible fósil. En el caso que se usen combustibles líquidos pesados como el gas oil, pueden producirse emisiones de  $\text{SO}_x$  y/o material particulado en función del contenido de azufre, cenizas y aditivos metálicos presentes en el combustible. En el caso que la turbina de gas trabaje por debajo de su máxima capacidad, podría emitir CO y VOCs originados por una combustión incompleta. En algunos casos, pueden instalarse catalizadores para reducir las emisiones, mediante reducción catalítica selectiva, oxidación catalítica de CO, combustión catalítica y conversión catalítica con absorción regenerativa.

#### **4.2.5. Turbina de gas de combustión externa**

Es una turbina de gas donde la cámara de combustión se reemplaza por un intercambiador de calor. La combustión puede tener lugar en distintos tipos de calderas (COGEN 3, 2003b). La presencia del intercambiador de calor asegura que el fluido de trabajo de la turbina no contenga impurezas. Esto permite una mayor flexibilidad en el uso de los combustibles. La caldera más utilizada para este tipo de turbinas es el combustor de lecho fluidizado, debido a su flexibilidad respecto a los combustibles, su alta eficiencia y bajas emisiones de  $\text{NO}_x$  (Salomón et al., 2011).

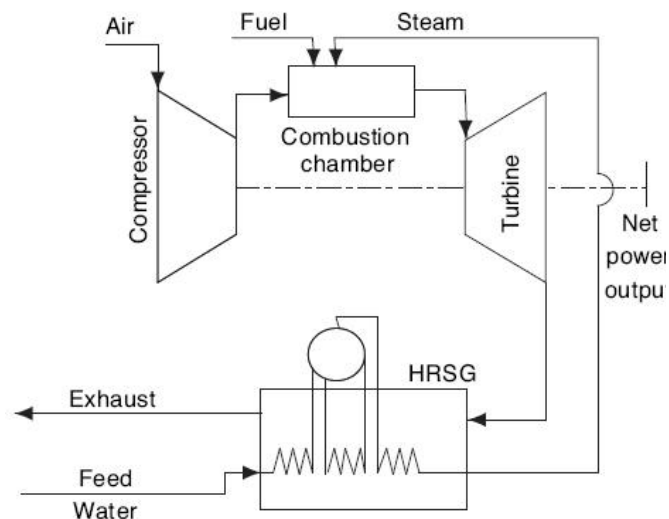
Al operar con un fluido limpio, el riesgo de contaminación de las partes sensibles de la turbina es menor (Anheden y Martin, 2000). A pesar del límite de temperatura impuesto por el intercambiador de calor, futuros desarrollos de nuevos materiales metálicos o cerámicos resistentes a altas temperaturas podrán conducir a mejorar la eficiencia de estos dispositivos. Aunque esta tecnología se encuentra aún en desarrollo se han emprendido esfuerzos para lograr su comercialización en Suecia.

#### 4.2.6. Ciclo de Cheng

El ciclo de Cheng es un desarrollo reciente que incluye la inyección de vapor, originado en la caldera de recuperación, en la turbina de gas a fin de aumentar y modular la producción de energía eléctrica del sistema y trabajar con mayor flexibilidad en el rango de relaciones calor/energía eléctrica (Cheng, 2006). Con este propósito, se recurre a incrementar el flujo másico que circula a través de los álabes y a alterar la temperatura de ingreso del gas.

Al inyectar vapor sobrecalentado dentro de la cámara de combustión de la turbina, el sistema Cheng permite alcanzar la mayor eficiencia y potencia posibles (Bouam et al., 2008). En esta técnica, la combustión del gas calienta la mezcla de aire y vapor a la temperatura de trabajo de la turbina de combustión y permite su operación a temperaturas superiores a 1450° C. En consecuencia, el incremento de potencia se debe no sólo al aumento del flujo másico a través de la máquina sino también a las elevadas temperaturas de los gases a la entrada del rotor de la turbina. (Ganapathy et al., 1988). En este proceso, el vapor trabaja sinérgicamente con la mezcla aire-combustible, lo cual eleva su potencia térmica.

Figura 2.28. Ciclo de Cheng



Fuente: Bouam et al., 2008

El ciclo de Cheng provee eficiencias de ciclo combinado a costos de ciclo simple, basándose en que la eficiencia pico del ciclo se logra a una única relación de flujo másico entre el vapor sobrecalentado y el aire comprimido en la cámara de combustión. Es así como este ciclo alcanza incrementos en la potencia de salida y la eficiencia eléctrica de hasta el 80 y 40%, respectivamente. En la *Tabla 2.6.* se muestran datos representativos de las capacidades y eficiencias que se pueden alcanzar con un modelo de turbina (W501D5) del fabricante Westinghouse para distintas configuraciones y operando en condiciones ambientales similares.

**Tabla 2.6. Comparación de capacidades y eficiencias para una turbina de gas y distintas configuraciones**

Configuración	Ciclo abierto	Ciclo combinado	Ciclo de Cheng
Potencia (MW)	100	150	180
Eficiencia (%)	32	47	46

**Fuente: Elaboración propia.**

#### **4.2.7. Microturbinas**

Las microturbinas son pequeñas turbinas de gas que, en muchos casos, contienen un intercambiador interno de calor denominado recuperador. Cuentan con un compresor de flujo radial que comprime el aire de entrada y que es precalentado en el recuperador, usando calor de los gases de salida de la turbina. El aire calentado en el recuperador se mezcla con combustible en la cámara de combustión y los gases calientes se expanden en la turbina. Es decir, operan con el mismo ciclo termodinámico de Brayton que las turbinas de mayor escala. Estos equipos están disponibles en potencias de 30 a 250 kW (Penht, 2006).

Aguas abajo del recuperador, se encuentra un segundo intercambiador que permite aprovechar el contenido de calor de los gases de escape en distintas aplicaciones, tales como calentamiento de agua, deshumidificación de desecantes, calefacción de ambientes y sistemas de refrigeración por absorción. Las microturbinas que no cuentan con recuperador disponen de más energía térmica para las aplicaciones CHP.

En microturbinas de un solo eje, una única turbina de expansión hace girar el compresor y el generador. Estas turbinas están diseñadas para funcionar a altas velocidades (mayor a 60.000 rpm) y generar potencia eléctrica de alta frecuencia en el alternador; la misma se rectifica a corriente continua y, posteriormente, se invierte a corriente alterna de 50 Hz, para el caso de nuestro país. Para un diseño aerodinámico específico, mientras la potencia máxima decrece, la velocidad de giro del eje aumenta.

Las turbinas y compresores de flujo axial son típicamente más eficientes que los de flujo radial para rangos de operación de mediano a altos. Sin embargo, en el rango de operación de las microturbinas (de 0,2 a 2 kg por segundo de flujo de aire-gas), el flujo radial minimiza las pérdidas en las paredes y proporciona una eficiencia más alta que los equipos de flujo axial.

Esta tecnología permite operar con gas natural, gas ácido, nafta, kerosene, gas oil y fuel oil. Su vida útil, en base a consideraciones de diseño, se estima en 40.000 a 80.000 horas. La operación a carga parcial disminuye la eficiencia, por reducción del flujo másico de gases, pero de una manera menos pronunciada que en las turbinas convencionales.

- **Recuperador de calor**

Son intercambiadores de calor que se emplean para precalentar el aire comprimido previo a su ingreso a la cámara de combustión. Emplean los gases de salida de la turbina (650° C) para precalentar el aire comprimido hasta aproximadamente 150° C. Esto incrementa la potencia de un 10 a un 15%, pero reduce la capacidad térmica de los gases de salida para aplicaciones de CHP (EEA, 2011).

- **Eficiencia**

La eficiencia eléctrica, en CHP, de las microturbinas es de un 18-27%. La eficiencia total es de un 65-75%.

- **Consideraciones de diseño**

Las microturbinas tienen características de performance similares a las turbinas de gas: su rendimiento y eficiencia depende de la relación de compresión, de la temperatura de combustión, de la operación en carga parcial, y de las condiciones ambientales como temperatura del aire y altitud sobre el nivel del mar.

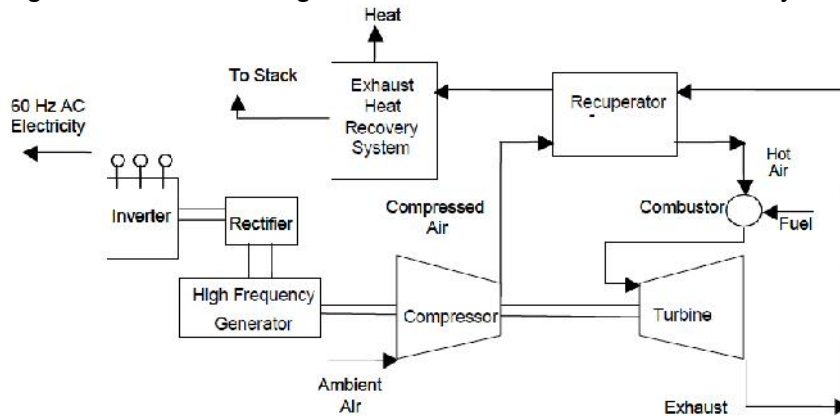
- **Emisiones**

Operando con gas natural, altas relaciones combustible / aire y bajas temperaturas de ingreso de aire la emisiones de NO<sub>x</sub> permanecen debajo de los 10 ppm. En este aspecto, superan a las turbinas convencionales. Aquellas microturbinas equipadas con combustores de baja emisión de NO<sub>x</sub>, DLN (dry low NO<sub>x</sub>), utilizando gas natural como combustible, cumplen con los estándares más exigentes de EEUU < 4-5 ppmvd (parte por millón, volumen de aire seco) de NO<sub>x</sub>, CO y VOCs (US EPA, 2008).

- **Ventajas y desventajas**

Entre las ventajas de las microturbinas, se puede mencionar que ocupan poco espacio, el pequeño número de partes móviles, las bajas emisiones y que no requieren sistemas de enfriamiento. Sus desventajas son alto costo y que, debido al recuperador, el calor aplicable en CHP es de baja calidad (baja temperatura).

**Figura 2.29. Sistema de cogeneración en base a una microturbina de eje único**



**Fuente: (US EPA, 2008.**

#### **4.2.8. Ciclo combinado**

La aplicación conjunta de una turbina de gas y una de vapor se denomina ciclo combinado. Normalmente, se utiliza este ciclo en plantas de cogeneración mayores a 20 MW y hasta 300 MW.

Los gases de escape de la turbina circulan a través de la caldera de recuperación, donde se produce vapor de alta presión, hasta 400°C y 50 bar. Este vapor se expande en una turbina de vapor produciendo una energía eléctrica adicional. El escape de la turbina es vapor de baja presión, que puede aprovecharse como tal o condensarse en un condensador presurizado, produciendo agua caliente o agua sobrecalentada, que puede utilizarse en la industria asociada. Si la demanda de calor disminuye, el vapor sobrante en el escape de la turbina puede condensarse, con lo que toda la energía de los gases no se pierde, sino que se produce una cierta cantidad de electricidad (COGEN 3, 2003a).

Una variante del ciclo combinado convencional en el que la turbina de vapor trabaja a contrapresión, expande el vapor entre una presión elevada y una presión inferior, siempre superior a la atmosférica, es el ciclo combinado a condensación, en el que el aprovechamiento del calor proveniente del primer ciclo se realiza en la turbina de vapor, quedando ésta como elemento final del proceso. El vapor de salida se condensa en un condensador que trabaja a presión inferior a la atmosférica, para que el salto térmico sea el mayor posible. Esta es la configuración utilizada en las centrales eléctricas de ciclo combinado.

El ciclo combinado permite la conversión (“repowering”) de instalaciones térmicas con turbinas de vapor, aumentando la eficiencia eléctrica y total de las mismas.

- **Consideraciones de diseño**

La selección de la presión y la temperatura del vapor vivo se realiza en función de las condiciones de los gases de escape de la turbina de gas y de las condiciones de vapor necesarias para la fábrica (Fraile Chico y García Garrido, 2008). Por ello, se requiere una ingeniería apropiada, capaz de diseñar procesos adaptados al consumo de la planta industrial asociada a la cogeneración, que al

mismo tiempo disponga de gran flexibilidad y que posibilite su trabajo eficiente en situaciones alejadas del punto de diseño.

- **Ventajas y desventajas**

Esta tecnología combina desventajas y ventajas propias de las turbinas de gas y turbinas de vapor. Es el ciclo que maximiza la producción de electricidad, superior a los ciclos de vapor o de gas trabajando independientemente. Para producción de electricidad a gran escala, es el ciclo preferido.

La eficiencia eléctrica del ciclo es afectada por factores ambientales y no es posible usar combustibles tales como biomasa o carbón directamente, problemas propios de la turbina de gas. El calor disponible tiene la calidad de un calor de ciclo de turbina de vapor (calidad menor al calor de un ciclo de turbina de gas).

- **Eficiencia**

La eficiencia eléctrica de esta tecnología es de 30 a 50%. La eficiencia global es de 80-90%. La relación electricidad / calor tiene un valor de 0.75 – 1.7.

- **Emisiones**

Respecto a la contaminación ambiental, los combustores de baja emisión de NO<sub>x</sub> constituyen uno de los logros más importantes de la tecnología de las turbinas de gas. No obstante, presentan la limitación de una mayor inestabilidad de llama que los de difusión convencionales, por la necesidad de emplear mezclas aire-combustible más pobres. La oscilación de la llama puede producir vibraciones y ruido inaceptables y, además, afectar la vida útil y la confiabilidad operativa de la turbina de gas (COGEN 3, 2003b).

#### **4.2.9. Ciclo de aire de cola**

El ciclo de aire de cola es una alternativa al ciclo de vapor en el ciclo combinado. En el ciclo de vapor de cola se debe utilizar una caldera, una turbina de vapor y un condensador. Además, se requiere un sistema de control de calidad del agua del ciclo, así como sistemas de seguridad de equipos de alta presión. Todo esto hace poco práctico el uso del ciclo de vapor como ciclo de cola para instalaciones pequeñas (Najjar y Zaamout, 1995).

Un ciclo de aire de cola está compuesto por un compresor, un intercambiador de calor y una turbina de gas. En este ciclo, el fluido circulante es el aire del ambiente. Las presiones de operación se encuentran en el rango bajo-medio (Korobitsyn, 2002).

Al no requerir equipos para manejar agua/vapor, se requieren menos operarios y los costos operativos son menores, en comparación con el ciclo combinado convencional. Además, la eficiencia a carga parcial es superior y el arranque del ciclo es más rápido. Debido a que no requiere agua, este ciclo es adecuado para zonas donde la misma es escasa.



El ciclo de aire cola puede incrementar hasta un 25% la generación de energía eléctrica, comparado con la turbina no regenerativa. Además, se genera aire caliente que puede utilizarse para secado o para calefacción de las instalaciones (Salomón et al., 2011).

Dado que se utiliza un intercambiador de calor para calentar el aire que ingresa a la turbina del ciclo de cola, el fluido calefactor (los gases de escape del ciclo de cabeza) debe tener una elevada temperatura para que este ciclo sea conveniente. La temperatura de salida de la turbina de gas del ciclo de cabeza debe ser, entonces, superior a 500°C.

El ciclo de aire de cola es una alternativa competitiva al ciclo combinado convencional en la cogeneración a pequeña y mediana escala. A mayor escala el ciclo combinado convencional es el más conveniente. Este ciclo puede utilizarse para recuperar calor residual de fuentes que trabajan a altas temperaturas (por ejemplo: hornos).

#### **4.2.10. Motores de combustión interna: ciclo Otto**

Un motor de combustión interna es una máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. La cámara de combustión (cilindro) contiene un pistón que se mueve a lo largo de ésta. El pistón está conectado a un cigüeñal que convierte el movimiento lineal del pistón en movimiento rotatorio del cigüeñal (Penht, 2006).

En el motor Otto, la ignición de la mezcla de combustible y aire es causada por una chispa producida por una bujía. El motor Otto convencional es de cuatro tiempos, es decir, efectúa una carrera útil cada dos giros. Existen motores de dos tiempos que generan más potencia, pero son menos eficientes en el consumo de combustible.

Los cuatro tiempos son los siguientes:

1. Admisión: la mezcla aire-combustible entra al cilindro.
2. Compresión: la mezcla aire-combustible se comprime y es encendida por la bujía.
3. Expansión: los gases calientes productos de la combustión se expanden y empujan al pistón hacia abajo.
4. Escape: los gases de escape se conducen hacia fuera a través de la válvula de escape.

El combustible más usado en CHP con estos motores es el gas natural. Otros combustibles tales como LPG o bio-gas pueden emplearse, previa adaptación del motor (sistema de alimentación y relación de compresión) (DECC-UK, 2011).

Existen dos formas de encendido del gas natural, según el tamaño del motor:

1. Cámara abierta: la ignición ocurre en el mismo cilindro.
2. Cámara de precombustión: la ignición ocurre en una cámara anterior al cilindro. Permite utilizar mezclas con menor relación combustible / aire que la cámara abierta.

Los motores Otto están disponibles en tamaños de hasta 4 MW.

Existen varias fuentes de calor en un motor Otto: los gases de escape a una temperatura de 400 °C, el agua de la camisa de enfriamiento del motor, el agua de enfriamiento del sistema lubricante, y el agua de enfriamiento del turbocompresor, si existe (los tres últimos, a temperaturas de 80°C). El calor de los gases de escape es aproximadamente el 50% del calor generado en el motor, y todas las corrientes de calor se pueden utilizar para generar agua caliente.

- **Eficiencia**

La eficiencia eléctrica de los motores Otto es del 35% y la eficiencia total, del 80%

- **Ventajas y desventajas**

La principal ventaja de las máquinas Otto es su rápido encendido, del orden de los segundos. Esto las hace adecuadas para operaciones en procesos discontinuos. Además, su eficiencia a carga parcial se reduce muy poco, en comparación con las turbinas de gas o vapor. La disponibilidad de estos motores es del 95%. La emisión de contaminantes es mucho menor que las que resultan de las máquinas Diesel y el costo inicial por KW es menor. Comparados con las microturbinas y las turbinas de gas, su eficiencia es menos dependiente de las condiciones ambientales.

Entre los inconvenientes, se incluyen: la necesidad de utilizar sistemas de enfriamiento (incluso cuando el calor no se pueda o no se desee utilizar), la baja relación potencia / peso, las vibraciones y ruidos generados, y, en comparación con un motor Diesel, la menor eficiencia eléctrica (US-EPA, 2008).

#### **4.2.11. Motores de combustión interna: ciclo Diesel**

Al igual que el motor Otto, el motor Diesel es un motor de combustión interna, es decir la combustión ocurre dentro de una cámara (cilindro) que produce el movimiento de un pistón. Éste está conectado a un cigüeñal que convierte el movimiento alternativo en uno rotatorio.

En el motor Diesel, la ignición de la mezcla de combustible y aire ocurre por el calor de compresión. Estos motores funcionan con una relación de compresión mayor que la de los motores Otto, entre 15:1 y 22:1 para los primeros, y entre 9:1 y 12:1 para los segundos. Estas relaciones superiores de compresión permiten una mayor eficiencia mecánica y, por consiguiente, eléctrica. Un motor Otto no puede operar con estas relaciones de compresión ya que se produciría la autoignición del combustible antes de finalizado el tiempo de compresión. Existen motores Diesel de dos y de cuatro tiempos (US EPA, 2008).

En el caso de los motores de cuatro tiempos, los tiempos son los siguientes:

1. Admisión: el aire entra al cilindro.
2. Compresión: el aire se comprime. Al finalizar el tiempo de compresión se inyecta el combustible y éste es encendido gracias a las elevadas temperaturas del aire comprimido.
3. Expansión: los gases calientes productos de la combustión se expanden y empujan al pistón hacia abajo.
4. Escape: los gases de escape se transportan hacia fuera a través de la válvula de escape.

El combustible más usado en CHP con estos motores es el gas oil. También se pueden utilizar combustibles más pesados como el fuel oil. En ambos casos, las emisiones de NO<sub>x</sub>, material particulado e hidrocarburos pesados es superior a la de los motores Otto. Una opción para reducir la cantidad de emisiones es utilizar una mezcla de gas natural y gas oil (entre 1 y 15%). El gas-oil se autoenciende al comprimirse y asegura la ignición del resto del combustible. Si se utiliza esta opción, las emisiones de CO aumentan a causa de la combustión incompleta. Las emisiones de SO<sub>2</sub> son superiores en estos motores, en comparación con los motores Otto, debido al mayor contenido elemental de azufre en el gas oil respecto al gas natural. Los motores Diesel están disponibles en tamaños de hasta 15 MW.

Existen varias fuentes de calor en un motor Diesel: los gases de escape (a una temperatura de 400°C), el agua de la camisa de enfriamiento del motor, el agua de enfriamiento del sistema lubricante, y el agua de enfriamiento del turbocompresor (estos últimos tres a temperaturas de 70°C). El calor entregado a los gases de escape es mayor que en los motores Otto y puede aprovecharse para generar vapor de media presión (10 atm), debido a las mayores temperaturas de esta corriente de calor. Como se trabaja con un exceso de aire mayor que en los motores Otto, el quemado adicional de los gases de escape es posible. El resto de las corrientes de calor se pueden utilizar para generar agua caliente (DECC-UK, 2011).

- **Eficiencia**

La eficiencia eléctrica de los motores Diesel es de hasta un 45% y la eficiencia total, del 85%

- **Ventajas y desventajas**

La principal ventaja de las máquinas Diesel, al igual que los motores Otto, es su rápido encendido, del orden de los segundos, y su buena eficiencia a carga parcial. Su eficiencia eléctrica es superior a la de las máquinas Otto. También, respecto a estas últimas, tienen la ventaja de poder operar con mezclas de gas y gas oil, permitiendo utilizar sólo gas oil en el caso de un corte de suministro de gas. De este modo, la operación resulta más versátil.

Entre los inconvenientes se incluyen: los sistemas de enfriamiento más complejos que en los motores Otto y las menores temperaturas del agua de refrigeración, limitando los usos de estas corrientes de calor. Comparte con los motores Otto las siguientes desventajas: la alta generación de ruidos y/o vibraciones, y la baja relación potencia / peso.

#### **4.2.12. Motor Stirling**

Se pueden utilizar motores Stirling para aplicaciones a escala pequeña, con una capacidad entre 0,2 kW y 9 kW (Penht, 2006). Estos motores son dispositivos de combustión externa y por lo tanto, difieren sustancialmente de los modelos convencionales; generan el calor en una cámara de combustión separada. El gas se mueve de una zona fría hacia una zona caliente, donde se le transfiere el calor generado en la cámara de combustión. De ese modo, desplaza un pistón que transmite el movimiento al generador. El motor Stirling tiene menos piezas móviles que los motores convencionales y ninguna válvula, balancines, inyectores de combustible o sistemas de encendido por chispa. Los motores Stirling también requieren menos mantenimiento y la emisión

de contaminantes es baja. Como la combustión se lleva a cabo en un recinto separado ofrece gran flexibilidad de empleo de diferentes combustibles; pueden funcionar con biocombustibles o incluso con radiación solar concentrada (COGEN 3, 2003b). El hecho de funcionar quemando el combustible en forma continua hace que estas máquinas tenga bajos niveles de emisión. Las eficiencias para las máquinas más grandes son del 20-24 %, la reducción de la escala provoca una disminución de la eficiencia eléctrica hacia valores de 10 – 12%. En Europa, se encuentran disponibles comercialmente para 1 – 3 kW, si bien la tecnología está en continuo desarrollo (Stirling Technology Inc., 2011).

#### **4.2.13. Motor de expansión de vapor**

En estos motores, se calienta agua presurizada en un quemador compacto. El vapor generado transmite el movimiento a una máquina de pistón de diseño innovador; luego de la expansión, el condensado se recicla al circuito de vapor. Pueden llegar a producir potencias de 4 - 5 kW con una eficiencia del 17 %. Esta tecnología aún se encuentra en desarrollo. Del mismo modo que en otras tecnologías, la combustión continua brinda la posibilidad de reducir las emisiones de CO e hidrocarburos. Por otra parte, la combustión en un recinto separado del fluido que participa en ciclo, otorga una mayor flexibilidad de combustible (Penht, 2006).

#### **4.2.14. Micromotores**

Son máquinas reciprocantes basadas en el ciclo Otto, analizadas en una subsección previa. Trabajan con un exceso de aire, considerablemente menor al que se usa en las turbinas de gas, que conduce a mayores temperaturas de combustión y, por consiguiente, a mayores concentraciones de NO<sub>x</sub> de origen térmico, generado en la oxidación del nitrógeno del aire. Esto puede corregirse operando en modo aliviado con un mayor exceso de aire, que conducirá a una menor temperatura de combustión, o bien operando con una relación estequiométrica aire/combustible y empleando catalizadores (Penht, 2006).

- **Eficiencia**

La eficiencia eléctrica de los micromotores depende sensiblemente de la capacidad de generación. Para capacidades menores a 15 kW, la eficiencia no supera el 26 %. La eficiencia total, considerando la eléctrica y la térmica, varía entre 80% y más del 90 %. En forma análoga a la eficiencia eléctrica, los costos de capital por kW dependen de la capacidad de generación del sistema. Estos se reducen especialmente a partir de capacidades de 10 kW (Marathon Engines Systems, 2011).

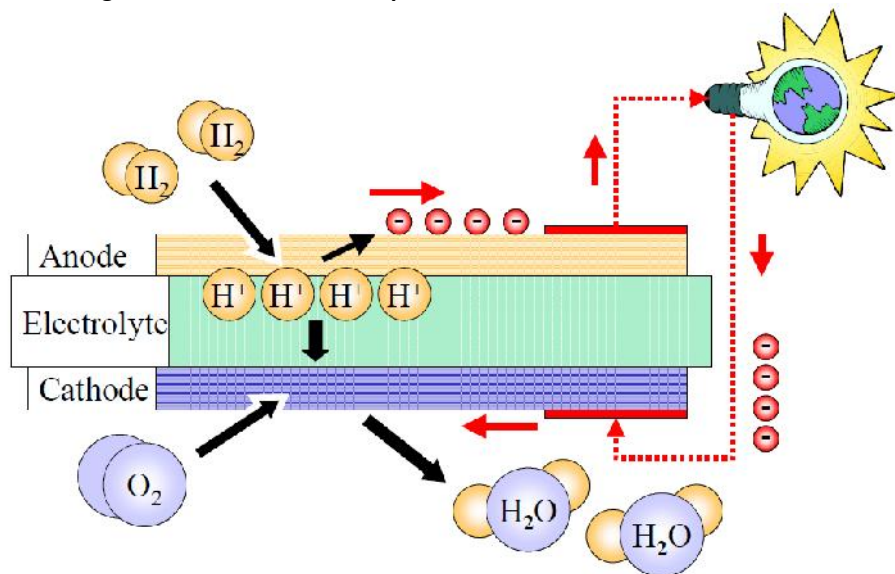
#### **4.2.15. Celdas de combustible**

Una celda (o pila) de combustible consta de un ánodo, un electrolito y un cátodo. En el ánodo, el combustible se oxida electroquímicamente a iones cargados positivamente. En el cátodo, las moléculas de oxígeno se reducen a iones óxido e hidróxido. El electrolito cumple la función de

transportar los iones cargados positivamente o bien los iones cargados negativamente desde el ánodo al cátodo, respectivamente (US-EPA, 2008).

En el caso de una celda que opera con aire e hidrógeno, este último fluye sobre el ánodo, donde las moléculas se separan en iones y electrones. Los iones migran a través del electrolito, que es conductor iónico pero aislante electrónico, hacia el cátodo y los electrones fluyen a través de un circuito exterior conectado a la celda, generando una corriente eléctrica. Los electrones se combinan con las moléculas de oxígeno que fluyen sobre la superficie del cátodo, y los protones que han migrado a través del electrolito, formando agua, que abandona la celda de combustible en la corriente de aire agotado.

**Figura 2.30. Proceso electroquímico en una celda de combustible**



Fuente: US EPA, 2008.

Las celdas de combustible no tienen partes móviles. Operan sin producir ruido o vibraciones. Son más eficaces que las máquinas térmicas y producen menos emisiones que las mismas. Como principal desventaja de las celdas de combustible, se debe mencionar las características especiales de los materiales que utilizan. Los ánodos y cátodos deben ser buenos conductores electrónicos y tener buenas propiedades electrocatalíticas, que faciliten las reacciones anódica y catódica. Además, éstos deben ser porosos para permitir que los gases, combustible y oxidante, difundan hasta los puntos de reacción, y deben poseer una resistencia mecánica suficiente para soportar el peso de otras capas de la celda electrolítica.

El electrolito debe ser estable químicamente en hidrógeno y oxígeno y debe tener una conductividad de al menos 0,1 S/cm. Existen, en la actualidad, cinco electrolitos que cumplen estas condiciones: hidróxido de potasio, ácido fosfórico, resinas de ácido sulfónico perfluorado, carbonatos fundidos y cerámicos conductores de iones a base de óxido (Perry, 2008).

- **Rendimiento de la celda de combustible**

El rendimiento teórico de la conversión de la energía en una celda de combustible,  $\varepsilon^0$ , está dado por el cociente entre la energía libre de la reacción en la celda ( $\Delta G_t$ ), a la temperatura de la reacción en la misma, y la entalpía de reacción en el estado normal ( $\Delta H^0$ ), referidas ambas cantidades a un mol de combustible:

$$\varepsilon^0 = \frac{\Delta G_t}{\Delta H^0}$$

El rendimiento teórico de conversión de una celda de combustible que opera con hidrógeno y oxígeno a 373 K, es del 91% del poder calorífico inferior o del 83% del poder calorífico superior. El rendimiento teórico de las celdas de combustible es equivalente a un ciclo de Carnot de máquinas térmicas.

El rendimiento de una celda operativa, es decir cuando existe un flujo de corriente eléctrica, está dado por la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = \frac{-nFU_f}{\Delta H^0} \left[ E^0 - (a_{an} + a_{ca}) - (b_{an} + b_{ca}) \frac{RT}{nF} \ln i - Ai \right]$$

donde  $E^0$  es el potencial de equilibrio electroquímico,  $F$ , la constante de Faraday,  $n$ , el número de electrones transferidos en la reacción,  $R$ , la constante universal de los gases y  $T$ , la temperatura en la celda;  $a$  y  $b$  son constantes características de los materiales de los electrodos,  $A$  es la resistencia física específica de la celda de combustible,  $i$ , la densidad de corriente y  $U_f$ , el factor de utilización electroquímica del combustible (cantidad de combustible convertido dividido por la cantidad de combustible alimentado).

El rendimiento de la celda es función de la densidad de corriente. Cuanta más potencia se extrae, menor es el rendimiento. En el caso de que el combustible no sea hidrógeno puro y/o se emplee aire en lugar de oxígeno puro, el rendimiento disminuye en función de las fugacidades de éstos. Una celda de combustible individual generará un potencial eléctrico de un V o menor.

- **Consideraciones de diseño**

Para aplicaciones prácticas hay que apilar las celdas, colocando capas bipolares impermeables a los gases, estables químicamente bajo condiciones reductoras y oxidantes, y excelentes conductoras de los electrones.

Dado que las celdas de combustible generan una cantidad de calor en exceso, deben refrigeradas. El refrigerante puede ser agua o aire, de acuerdo a la temperatura de trabajo de la celda. En la *Tabla 2.7.*, se detallan algunas características de distintos tipos de celda.

**Tabla 2.7. Características de distintos tipos de celdas de combustible**

Tipo de celda	Electrolito	Temperatura de operación (°C)	Medio refrigerante
Alcalina	KOH	90	Agua
Membrana de intercambio protónico	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n\text{OCF}_2\text{SO}_3^-$	80	Agua
Ácido fosfórico	$\text{H}_3\text{PO}_4$	200	Vapor/agua
Carbonato fundido	$\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-K}_2\text{CO}_3$	650	Aire
Óxido sólido	$\text{Zr}_{0,92}\text{Y}_{0,08}\text{O}_{1,96}$	1000	Aire

Fuente: Elaboración propia

Las tres primeras celdas son muy sensibles al CO, que se absorbe sobre el catalizador y lo inhiben; requieren hidrógeno puro como combustible. Las celdas de carbonato fundido y óxido sólido pueden tolerar el CO, pero, como desventaja, requieren temperaturas de proceso más altas. Se pueden utilizar combustibles tales como gas natural, etanol o gasolina, pero se requiere un proceso de reformado previo (US-DOE, 2011).

- **Aplicación en CHP**

Las celdas de combustible generan constantemente electricidad, y al mismo tiempo producen aire caliente y/o vapor. Los sistemas de cogeneración con pilas de ácido fosfórico (las más usadas en el mercado de CHP) alcanzan hasta un 85% de eficiencia total (40% de eficiencia eléctrica). Las celdas de carbonato fundido y de óxido sólido logran eficiencias eléctricas algo mayores (50-60%) y niveles similares de eficiencia total.

- **Emisiones**

Solamente las pilas de carbonato fundido emiten dióxido de carbono en la reacción anódica, pero éste es consumido en la reacción catódica.

#### 4.2.16. Convertidores termiónicos

Los convertidores termiónicos convierten la energía térmica directamente en electricidad. Consisten en dos electrodos metálicos situados en una cámara de vacío o en una cámara con cesio gaseoso. Uno de los electrodos absorbe calor a altas temperaturas (1000-1500°C) y el otro descarta calor a una temperatura menor (500-800°C). El dispositivo hace uso del efecto termiónico: la energía térmica entregada al electrodo caliente es superior a la función de trabajo y "arranca" una partícula cargada del electrodo (ión o electrón). La magnitud de la corriente es una función que depende fuertemente de la temperatura del electrodo caliente (Salomón et al., 2011).

Los convertidores termiónicos no tienen partes móviles y pueden utilizarse en cualquier proceso donde existan corrientes de calor residuales. Según la teoría, un convertidor termiónico junto con una caldera (ciclo Rankine convencional) podría alcanzar una eficiencia eléctrica del 44% al 56%.

El convertidor termiónico podría utilizarse en conjunto con cualquier combustible, con un bajo costo de mantenimiento y una alta duración. Es una tecnología aún en desarrollo sin pruebas de sistemas de cogeneración a escala industrial.

#### **4.2.17. Convertidores termofotovoltaicos**

Los convertidores termofotovoltaicos consisten en un emisor térmico y la célula fotovoltaica propiamente dicha. El emisor puede calentarse por energía solar o mediante la generación de calor por combustión (Salomón et al., 2011). Esto le permite al convertidor termofotovoltaico trabajar con una gran variedad de combustibles.

La eficiencia del convertidor depende de la diferencia de temperaturas entre la célula y el emisor: cuanto mayor sea la diferencia, mayor será el flujo de calor, y se producirá más electricidad. Dado que la intensidad de radiación del emisor térmico puede ser mucho mayor que la del sol, la densidad de corriente eléctrica de los convertidores termofotovoltaicos es mucho mayor que la de los paneles solares (Qiu et al., 2007).

En forma similar a las tecnologías anteriores, es durable, requiere poco mantenimiento y es silenciosa. Entre sus inconvenientes, se pueden mencionar su elevado precio y que no ha sido probada a escala industrial.

#### **4.2.18. Generadores termoeléctricos**

Los generadores termoeléctricos convierten directamente el calor en electricidad mediante el llamado "efecto Seebeck": esto es la generación de una diferencia de potencial debido a diferencias de temperaturas en los conductores que forman parte del circuito eléctrico (Penht, 2006). La eficiencia total del sistema de CHP con o sin generador termoeléctrico no cambia.

La eficiencia eléctrica es la que aumenta al agregar el generador termoléctrico. Esta eficiencia eléctrica depende principalmente de dos factores: la eficiencia propia del generador (inherente al material) y la eficiencia de la combustión; la temperatura y el flujo de calor son otros factores importantes. Así, un generador termoeléctrico es capaz de convertir el 6% del flujo de calor en electricidad (Moser et al., 2008).

Son equipos que requieren poco mantenimiento, no generan ruidos y no tienen partes móviles ni fluidos circulantes. A diferencia de los sistemas CHP que utilizan un generador eléctrico, la corriente eléctrica generada es CC.

Con esta tecnología, se ha logrado autosostener el funcionamiento del quemador, pero no producir electricidad para otros equipos. A diferencia de los convertidores termiónicos y los convertidores termofotovoltaicos, esta tecnología puede aplicarse para temperaturas menores, como la de los gases de escape de un motor Diesel (Min et al., 2010).



#### **4.2.19. Trigeneración**

En la trigeneración, tres formas de energía provienen de la misma fuente. El calor cogenerado puede utilizarse en calentamiento o en sistemas de acondicionamiento de aire (Flin, 2010). Los sistemas de trigeneración son altamente operativos si funcionan acoplados a sistemas de refrigeración por absorción, donde la principal forma de energía consumida es el calor y puede ser provisto en su totalidad por el sistema de cogeneración. Sin embargo, puede también emplearse la energía eléctrica generada para operar un equipo de enfriamiento por compresión.

La fuente de energía térmica que abastece los enfriadores de absorción de simple etapa puede ser agua caliente hasta 150° C o vapor de baja presión hasta 100 kPa, para enfriadores de dos etapas se requiere vapor de 790 a 830 kPa (Pilatowsky et al., 2011). Los enfriadores de absorción acoplados a un sistema de cogeneración constituyen una alternativa de bajo costo y competitiva para aplicaciones de enfriamiento y refrigeración. En los sistemas de refrigeración por absorción, el evaporador y el condensador son esencialmente los mismos que un sistema de compresión. El absorbedor y el generador reemplazan al compresor y una bomba aporta la presión necesaria. Se emplea calor para separar las soluciones que luego se evaporarán.

Existen aplicaciones de trigeneración para un amplio espectro de requerimientos, desde sistemas para viviendas individuales hasta conglomerados de 10 a 15 viviendas, que están actualmente en funcionamiento en UK, USA y Medio Oriente; los rangos de potencia eléctrica generada abarcan desde 300 kW a 7 MW con equipos de refrigeración por absorción de hasta 3.000 tn de refrigeración, en los casos de mayor capacidad.

La tecnología de enfriamiento por absorción no está disponible a nivel comercial – industrial en nuestro país. Sólo se registran unos pocos proveedores de refrigeradores que emplean esta tecnología y éstos no están diseñados para funcionar en sistemas de cogeneración. En Japón, se producen anualmente cerca de 5.000 enfriadores por absorción, en China, 3.500 y en USA, 500. Los mercados de Alemania y UK registran un sostenido crecimiento, totalizando unas centenas de unidades (Sun y Guo, 2006). Las plantas de refrigeración por absorción son más costosas en la medida que se incrementa su capacidad, contrariamente a lo que ocurre con los enfriadores por compresión. Sin embargo, la posibilidad de funcionar en un sistema de trigeneración resulta una alternativa atractiva sobre todo en los casos que se requiere disponer de los tres tipos de energía (Medrano et al., 2006).

### **4.3. Costos, economía y financiamiento de plantas de cogeneración**

#### **4.3.1. Costo de capital**

El costo de capital es el costo requerido para la instalación de una planta de cogeneración *in situ* y comprende las erogaciones correspondientes a:

- Unidad de cogeneración y planta asociada, instalada y probada
- Sistema de provisión, almacenamiento y manipuleo del combustible
- Gastos de conexión incluyendo refuerzo de las redes de electricidad locales /nacionales
- Todos los servicios mecánicos y eléctricos asociados instalados y probados

- Nuevos edificios o modificación de edificios existentes, fundaciones y estructuras de soporte
- Entrenamiento de operadores, primer conjunto de repuestos y de herramientas necesarias para servicios y reparaciones
- Ingeniería de diseño, conformidad con regulaciones de planeamiento y edificación, requerimientos medioambientales, prevención de incendios y protección, y servicios profesionales externos para el manejo de estos aspectos.

Los costos de capital típicamente pueden variar desde alrededor de 500-600 U\$/kWe para plantas de gran escala a más de 2000 U\$/kWe para escala pequeña, dependiendo de la elección de la planta de cogeneración y de los auxiliares requeridos. Para plantas de cogeneración en base a turbinas de gas o motores alternativos grandes, el paquete generador de fuerza motriz/generador eléctrico y el equipamiento asociado (sistemas auxiliares, compresor de gas, almacenamiento de combustible y de combustible líquido de respaldo generalmente representa el 40-60% del costo instalado total. El equipamiento de recuperación de calor (caldera de recuperación de calor e intercambiadores de calor) y equipamiento asociado (planta de tratamiento de agua, bombas de alimentación de agua de caldera, deaireador) pueden contabilizar más del 15-30% de los costos, dependiendo del tipo de caldera, de la presión de vapor y del sistema de incendio suplementario. Los dispositivos eléctricos y de protección representan del 5-15% y el resto corresponde al diseño, manejo del proyecto e instalación (incluyendo piping, trabajos civiles y de edificación). Para plantas de CHP de ciclo de vapor, la caldera de alta presión es el equipo más costoso seguido por la turbina de vapor/generador.

Las plantas de cogeneración de pequeña escala basadas en motores tienden a comercializarse como paquetes completos, incluyendo la plataforma, el generador, intercambiadores de calor y equipamiento de control, contabilizando alrededor del 50-60% del costo instalado total.

#### **4.3.2. Costos de operación**

Los costos de operación son los costos anuales para la operación de una planta de cogeneración y comprenden:

- Combustible para el generador y para el equipamiento suplementario y/o auxiliar
- Mano de obra para la operación y servicios de planta.
- Materiales de mantenimiento y mano de obra, incluyendo el mantenimiento programado a cargo de los fabricantes. Debido a que el reemplazo de algunos componentes se lleva generalmente a cabo en intervalos prolongados, los costos de mantenimiento se deberían promediar en 5 años
- Consumibles (por ej. aceite lubricante, productos químicos para tratamiento del agua de alimentación).
- Precios de electricidad de respaldo y precios de electricidad de complemento y de exportación
- Los costos típicos de operación y mantenimiento para plantas de CHP en base a los principales tipos de generadores de fuerza motriz son:
  - Motores de combustión interna: 0.01-0.02 U\$/kWh
  - Turbinas de gas: 0.005 - 0.011 U\$ /kWh
  - Turbinas de vapor: 0.004 U\$ /kWh

Los costos globales netos de funcionamiento de una planta de cogeneración pueden obtenerse descontando el valor de la electricidad exportada de los costos de operación y mantenimiento. En la *Tabla 2.8.* se presenta un cuadro comparativo de costos para las principales alternativas tecnológicas, a modo representativo.

**Tabla 2.8. Cuadro comparativo de costos**

Tecnología	Costo Capital U\$/kWe	Costo Operación Manten. U\$/kWh
Turbinas de Gas	1000 – 3000	0.005 – 0.011
Turbina de Vapor	500 – 1000	0.004
Motores Comb. Inter.	1000 – 2000	0.01 – 0.02

**Fuente: EDUCOGEN 2001, US-EPA 2008**

#### **4.3.3. Economía y financiamiento**

En circunstancias favorables, los proyectos de cogeneración pueden tener un tiempo de recupero de la inversión (repago) de 3 a 5 años, y a veces menores. La economía de los proyectos de CHP se considera más sensible a los cambios en el precio de la electricidad que a los cambios en el precio del combustible. Por ejemplo, un incremento del 10% en el precio de la electricidad podría reducir el período de repago en 15%, mientras que una disminución en el precio del combustible del 10% sólo lo reduciría en un 6%. Los factores que favorecen menores períodos de repago incluyen:

- Bajo costo de inversión y del precio del combustible
- Alto precio de venta de electricidad
- Horas anuales de operación altas

Aunque la cogeneración es una inversión de largo plazo, con equipamiento cuya vida útil es de hasta 40 años, en la mayoría de los casos tiene que competir con otros proyectos potenciales de negocios con perspectivas de retornos rápidos. Además, como la cogeneración no se considera, en general, como la planta central del negocio, recibe una menor prioridad. Estos factores conducen a que la implementación de sistemas CHP esté fuera de los criterios de inversión de una compañía y por consiguiente, generalmente se requieren métodos alternativos de financiamiento. La fuente de financiamiento, la propiedad y el grado de riesgo son los principales factores que deben considerarse para la implementación de plantas CHP.

Opciones de financiación: como principales alternativas, se consideran *leasing* de la planta de CHP, con el compromiso de hacerse cargo de todos los aspectos de la operación y del mantenimiento, y asociación con empresas generadoras-distribuidoras de energía eléctrica.

La elección entre estas opciones es función de la escala de la cogeneración, la política de inversión de la empresa, el nivel de riesgo financiero que el comprador está dispuesto a correr y los retornos financieros requeridos.

En cuanto a la factibilidad de las dos alternativas de financiamiento mencionadas, hay que tener en cuenta la disponibilidad de energía eléctrica en las diferentes zonas del país. Así, en aquellas zonas donde ya existe una red de distribución desarrollada, la alternativa de leasing resultaría la más adecuada. Generalmente, este escenario se corresponde con sectores/subsectores industriales próximos a zonas urbanas o suburbanas. En cambio, la opción de asociación con empresas generadoras-distribuidoras sería la alternativa más conveniente para las zonas geográficas cuya red de distribución eléctrica no esté bien desarrollada, favoreciendo la disponibilidad de energía eléctrica.

## 5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN

A partir del análisis de las distintas tecnologías de cogeneración, presentado en el punto 4 del reporte energía, se identifican -en base a una serie de criterios que se presentan a continuación-, las tecnologías con mayor potencial para la implementación de unidades de cogeneración a nivel local en pequeñas y medianas industrias de los sectores agroalimentario y maderero

Asimismo, a los fines de un análisis integral para la recomendación de tecnologías susceptibles de implementar, se realiza una evaluación del potencial de mitigación de GEIs y un análisis multicriterio que se presentan en los puntos 6 y 7 de la sección respectivamente.

### 5.1. Selección de tecnologías: criterios y características

Los criterios de aproximación para el screening que permite identificar las tecnologías con mayor potencial para su implementación a nivel local en industrias pequeñas y medianas de los subsectores a considerar son:

- 1) el grado de madurez alcanzado de las tecnologías de cogeneración,
- 2) la escala de aplicación (pre-establecida): industrias de pequeña y mediana escala,
- 3) posible disponibilidad en el corto, mediano o largo plazo,
- 4) la complejidad de la tecnología, su operación y mantenimiento y control.

De esta forma de las 19 tecnologías de cogeneración relevadas, se han identificado 7 (Figura 2.31.) que cumplen con los criterios preestablecidos. En cuanto al grado de madurez, todas las tecnologías identificadas son ciclos de potencia cuyos generadores de fuerza motriz son ampliamente utilizados en la generación de energía eléctrica. Asimismo, los equipos de recuperación de calor para estas tecnologías se encuentran funcionando en numerosas instalaciones industriales.

En relación a la escala de aplicación, las tecnologías identificadas son adecuadas para generar fuerza motriz y calor en industrias pequeñas y medianas. El rango de generación de los motores de combustión interna Diesel y Otto permite su aplicación para capacidades inferiores a 4 y 10-15 MW, respectivamente.

Las turbinas de gas con combustión externa cuyo rango característico es menor a 1 MW y las turbinas de vapor y de gas de menores dimensiones (0.5 – 1 MW) son aplicables para pequeña y mediana escala. Las restantes tecnologías, ciclo Cheng y ciclo Rankine orgánico, que son

Figura 2.31. Tecnologías priorizadas

T1	TURBINA DE VAPOR
T2	TURBINA DE GAS
T3	MOTOR DE COMBUSTION INTERNA OTTO
T4	MOTOR DE COMBUSTION INTERNA DIESEL
T5	CICLO DE CHENG
T6	TURBINA DE GAS DE COMBUSTION EXTERNA
T7	CICLO RANKINE ORGANICO

Fuente: Elaboración propia

modificaciones de la turbina de gas y de vapor, respectivamente, también pueden adaptarse a la escala de generación requerida por una PyME.

Por tratarse de tecnologías probadas de uso frecuente en la industria, su disponibilidad en corto y mediano plazo está asegurada. Existen proveedores importantes, algunos con representación en nuestro país. Muchos componentes o paquetes completos de estas tecnologías pueden solicitarse a través de catálogos a los fabricantes.

El nivel de complejidad de las tecnologías no es alto, y tanto su operación como mantenimiento y control son relativamente sencillos. Por tratarse de tecnologías maduras y probadas, se cuenta con mucha información respecto a su funcionamiento, eventuales fallas durante la operación y a los procedimientos de mantenimiento preventivo.

En la *Tabla 2.9* se presenta una síntesis comparativa de las principales características de las tecnologías identificadas, incluyendo algunos costos y emisiones.

**Tabla 2.9. Síntesis comparativa de las tecnologías identificadas**

<i>Tecnología</i>	<i>Turbina de vapor</i>	<b>Turbina de gas</b>	<i>Motor de combustión interna (Otto)</i>	<i>Motor de combustión interna (Diesel)</i>	<i>Ciclo Cheng</i>	<i>Turbina de gas con combustión externa</i>	<i>Ciclo Rankine orgánico</i>
Rango	0.5-15 MW	1-40 MW	< 4 MW	< 15 MW	5-25 MWe	0.007-1 MW	0.002-10 MW
Eficiencia eléctrica	15-30%	24-31%	28-39%	45%	~55%	31-38%	10-30%
Eficiencia total	80%	74-81%	80%	85%	~94%	> 86%	85%
Combustible	Fósiles o biomasa según el tipo de caldera	Gas natural, Gasoil, GLP, Naftas	Gas natural, GLP, Biogás, naftas	Gas Oil Mezcla Gas natural y 1 a 15% de Gas Oil	Gas natural, Gasoil, GLP, Naftas	Fósiles o biomasa según el tipo de caldera	Fósiles o biomasa según el tipo de caldera
Costo por KWe	0.5 MW U\$S 1117 15 MW U\$S 429	1 MW U\$S 3324 40 MW U\$S 972	0.1 MW U\$S 2210 5 MW U\$S 1130	U\$S 1000-2000	U\$S 1280	U\$S 2800-3900	- U\$S 4500
Uso del calor generado	Vapor de alta o baja presión.	Gases calientes, agua caliente, vapor de alta o baja presión	Agua caliente.	Agua caliente, vapor de baja presión	Gases calientes, agua caliente, vapor de alta o baja presión	Gases calientes, agua caliente, vapor de alta o baja presión	Agua caliente, vapor de baja presión
Ventajas	Mayor flexibilidad de combustibles. Larga vida útil. Amplio rango de dimensiones disponible	Alta confiabilidad, y disponibilidad. No necesita enfriamiento. Alto contenido energético de los gases salida. Costo por kW relativamente bajo. Requiere poco espacio. Velocidad de rotación constante. Puede funcionar con distintos combustibles (multicombustible) Bajas emisiones	Alta eficiencia de generación independiente de la carga. Arranque inmediato. Menores emisiones que motor Diesel.	Rápido encendido. Alta eficiencia independiente de la carga. Mejor eficiencia eléctrica que motor Otto. Puede operar con mezclas de gas natural y gas oil	Alta eficiencia eléctrica. Menor dependencia de la eficiencia con las condiciones ambientales que turbina de gas. Adaptable a turbina de gas pre-existente.	Mayor flexibilidad de combustibles. Combustión a presión atmosférica. Menor ensuciamiento y corrosión que en la turbina de gas de fuego directo.	Permite trabajar con fuentes de calor de baja temperatura. Menores presiones de trabajo que turbina de vapor. Mayor flexibilidad de combustibles.

Tecnología	Turbina de vapor	Turbina de gas	Motor de combustión interna (Otto)	Motor de combustión interna (Diesel)	Ciclo Cheng	Turbina de gas con combustión externa	Ciclo Rankine orgánico
Desventajas	Bajo rendimiento eléctrico Alto costo. El arranque demanda varias horas.	Menor eficiencia mecánica que los MCI. Operando con combustibles gaseosos requiere de un compresor externo. Altos niveles de ruido. Baja eficiencia operando a cargas reducidas. La eficiencia se ve influida por la condiciones ambientales. Requiere paradas de mantenimiento.	Necesitan sistema de enfriamiento. Baja relación potencia / peso. Requieren fundaciones adecuadas para su instalación. Alto nivel de ruido de baja frecuencia Al to costo de mantenimiento.	Sistema de enfriamiento más complejo que el ciclo Otto. Temperatura de salida de agua menor que del motor Otto. Baja relación peso potencia. Alto nivel de ruido Fundaciones especiales Paradas de mantenimiento.	Es necesario disponer de vapor. Menor cantidad de energía térmica disponible. Mayor complejidad operativa que la turbina de gas.	Menor temperatura máxima de calor recuperable que en la turbina de gas de fuego directo. Altos niveles de ruido. Baja eficiencia operando a cargas reducidas. La eficiencia se ve influida por la condiciones ambientales (ciclo abierto).	Los fluidos orgánicos son caros. Tienen una estabilidad menor y son inflamables. Los fluidos orgánicos son más viscosos y requieren un mayor trabajo de bombeo.
Emisiones	Según caldera / combustible Madera NOx 0.342- 0.760 kg/MWh CO 0.094- 0.929 kg/MWh MP 0.511-0.868 kg/MWh Fuel Oil NOx 0.108-0.572 kg/MWh CO 0.047 kg/MWh MP 0.014-0.122 kg/MWh Gas natural NOx 0.047-0.432 kg/MWh CO 0.122 kg/MWh	NOx 0.23–1.10 kg/MWh CO 0.23-0.32 kg/MWh CO <sub>2</sub> 852-490 kg/MWh	NOx 0.04-0.58 kg/MWh	NOx 0.57-4.09 kg/MWh	CO <sub>2</sub> 380 kg/MWh Emisión de NOx menor a las turbinas de gas.	Similares a aquellas de turbinas de vapor. Dependen de caldera y combustible.	Similares a aquellas de turbinas de vapor. Dependen de caldera y combustible. Mayor riesgo de contaminación por fugas de fluidos orgánicos del ciclo.

Fuente: Elaboración propia



## 6. EVALUACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE LA COGENERACIÓN A LA MITIGACIÓN DE GEI

### 6.1. Subsector industrialización de madera

Para el cálculo del potencial de mitigación de GEI en PyMEs del subsector maderero, se consideraron tres segmentos muy distintos en relación a los procesos empleados, el consumo de calor/electricidad y la localización geográfica. Los segmentos seleccionados son: aserraderos, tableros de partículas y madera compensada (terciada). En base al análisis realizado se consideró que la mayoría de las empresas que componen estos segmentos son PyMEs.

El consumo de calor en los aserraderos se debe en su totalidad al secado. En la industria de los tableros de partículas, la energía calórica se utiliza para el secado de partículas y para el prensado en caliente. Por último, en las industrias de madera compensada, el calor se utiliza para el acondicionamiento, secado y prensado.

El consumo de la electricidad en los aserraderos se debe principalmente al aserrado y a la circulación forzada de aire durante el secado. En el caso de la industria de los tableros de partículas, el principal consumo eléctrico está ligado a la molienda de la madera, seguido por la energía utilizada para el manejo de materiales. Para la industria de la madera compensada, la principal demanda de electricidad se debe al descortezado, seguida por la requerida para el manejo de materiales.

La producción anual del sector de industrialización de la madera, expresada en m<sup>3</sup> de producto terminado, discriminada por subsector se detalla en la *Tabla 2.10*, en base a información consignada en el Informe sobre industrias forestales del año 2009 de la Secretaría de Agricultura de la Nación (MINAGRI, 2009, 2010)

**Tabla 2.10. Producción anual en m<sup>3</sup> por segmento. Período 2009- 2010**

Segmento	Producción nacional(m <sup>3</sup> )
Aserraderos	1.407.565
Tableros de partículas	511.901
Madera compensada	655.29

**Fuente: Secretaría de Agricultura de la Nación**

Como valor de m<sup>3</sup> de producto terminado de aserraderos, se supuso el total de los rollizos producidos en las provincias de Misiones y Corrientes, considerados en este análisis, destinados a aserraderos (MINEXT, 2010).

Los consumos de electricidad y calor (por m<sup>3</sup> de producto terminado) son distintos para cada segmento de la industria maderera. Los mismos se estimaron en base a los datos de la Guía para la Conservación de la Energía en la Industria Forestal de la FAO (FAO, 1990). Se detallan en la *Tabla 2.11*.

**Tabla 2.11. Consumo de electricidad y calor por m<sup>3</sup> de producto terminado.**

Subsector	Calor (GJ/m <sup>3</sup> )	Electricidad (GJ/m <sup>3</sup> )
Aserraderos	1.70	0.26
Tableros de partículas	2.95	0.65
Madera compensada	5.55	0.83

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.12. Consumos anuales de calor y electricidad por segmento**

Consumo segmento	Calor (MWh)	Electricidad (MWh)
Aserraderos	664.683	106.157
Tableros de partículas	419.474	92.426
Madera compensada	101.023	15.108

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del escenario de base, se consideró que los segmentos analizados utilizan diferentes combustibles. Los aserraderos se sitúan en zonas rurales de las provincias de Corrientes y Misiones, utilizando los mismos residuos de la madera procesada para la generación del calor. En el caso de las fábricas de tableros de partículas, las cuales se encuentran en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos y Mendoza, se consideró, como combustible, al gas natural proveniente de la red. Por último, para las fábricas de madera terciada, que mayoritariamente se encuentran en zonas suburbanas de provincias que no están abastecidas por gas natural de red, como el norte de Santa Fe, Corrientes y Misiones, se supuso que el combustible utilizado para proveer energía térmica al proceso es gas licuado de petróleo.

Para el cálculo de las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica, en todos los escenarios que se analizan en este estudio, se empleó el factor de emisiones de CO<sub>2</sub> de la Red Argentina de Energía Eléctrica suministrado por la Secretaría de Energía, siguiendo la herramienta metodológica para calcular el factor de emisión para un sistema eléctrico propuesta por UNFCCC *“Tool to calculate the emission factor for an electricity system. Version 02.2.0”* (UNFCC, 2011a) para los datos correspondientes al año 2010:

$$EF_{\text{grid,CM,y}} = EF_{\text{grid,OM,y}} \times w_{\text{OM}} + EF_{\text{grid,BM,y}} \times w_{\text{BM}}$$

Donde:

$EF_{\text{grid,CM,y}}$ : es el factor de emisión de la red, calculado por margen combinado.

$EF_{\text{grid,OM,y}}$ : es el factor de emisión del margen de operación; este considera las emisiones de las máquinas térmicas que forman parte de la red.

Se considera el margen de operación simple, método *“ex ante”* que contabiliza un promedio de todas las máquinas térmicas durante los últimos tres años. Este valor es 0.541 tCO<sub>2</sub>/MWh.

$w_{OM}$ : es el factor de ponderación del margen de operación en el margen combinado; se adopta el valor de 0.5.

$EF_{grid,BM,y}$ : es el factor de emisión del margen de construcción. Para este factor, la Secretaría de Energía adopta la opción de considerar el factor de emisión promedio de las últimas máquinas incorporadas correspondientes al 20% de la energía total generada en el año: el valor de este factor es 0.422 tCO<sub>2</sub>/MWh.

$w_{BM}$ : es el factor de ponderación del margen de construcción en el margen combinado; se adopta el valor de 0.5.

En base a estas consideraciones, se adopta un factor de emisión para la red energía eléctrica  $EF_{grid,CM,y} = 0.482$  tCO<sub>2</sub>/MWh. Para la emisión de los combustibles fósiles y de la biomasa se emplean valores de emisión de fuentes estáticas de la Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (SCN, 2007). Los valores de los factores de emisión adoptados se detallan en la *Tabla 2.13*.

**Tabla 2.13. Factores de emisión de CO<sub>2</sub> de distintas fuentes energéticas**

Fuente	Factor de emisión(tCO <sub>2</sub> /MWh)
Red Eléctrica	0.482
Gas Natural	0.202
GLP	0.227
Biomasa	0

Fuente: Segunda Comunicación Nacional (2007)

En el caso de los aserraderos, considerando que se acumulan grandes cantidades de residuos de madera al aire libre, se incluye, además, un término que tiene en cuenta las emisiones de metano por descomposición de la biomasa (*“Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site”*, versión 05.1.0, (UNFCCC, 2011b):

$$BE_{CH_4,SWDS,y} = \varphi \cdot (1-f) \cdot GWP_{CH_4} \cdot (1-OX) \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot DOC_f \cdot MCF \cdot \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} \cdot DOC_j \cdot e^{-k_j(y-x)} \cdot (1-e^{-k_j})$$

donde:

$BE_{CH_4,SWDS,y}$ : Emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> que se generan por la descomposición de residuos que producen emisiones de metano.

$\varphi$ : Factor de corrección por incertidumbre del modelo ( $\varphi = 0.9$ ).

$f$ : Fracción de metano capturada, combustionada o utilizada ( $f = 0$ ).

$GWP_{CH_4}$ : Potencial de calentamiento global del metano; se adopta el coeficiente 21 consensuado por el UNFCC y el protocolo de Kyoto.

$OX$ : Cantidad de metano que se oxida en el sitio de disposición, se adopta valor 0.

$F$ : Fracción volumétrica de metano en el gas que se genera en el sitio; se adopta el valor 0.5 recomendado por el IPCC.

$DOC_f$ : Fracción de carbono orgánico degradable que puede descomponerse; se adopta el valor 0.5 recomendado por el IPCC.

$MCF$ : Factor de corrección de metano; se adopta el valor 0.8 recomendado por el IPCC para depósitos no controlados.

**W<sub>j,x</sub>**: Cantidad de residuo orgánico en toneladas.

**DOC<sub>j</sub>**: Fracción de carbono orgánico degradable en los desechos tipo "j"; se adopta un valor del 43% correspondiente a madera húmeda, recomendado por la herramienta de cálculo.

**k<sub>j</sub>**: Velocidad de descomposición de los residuos. Se adopta el valor 0.035 recomendado por la herramienta de cálculo para residuos de madera en zonas tropicales y húmedas (Temperatura media anual >20°C, y precipitación pluvial media anual > 1000 mm)

**x = y**: En este caso se consideran las emisiones para un período de un año, de modo que x=y=1.

El factor BECH4,SWDS,y que incluye la conversión de metano a CO<sub>2</sub>, resulta 0.149 tCO<sub>2</sub>/t biomasa. Para los aserraderos, los residuos madereros totalizan 1670000 toneladas anuales, en base seca (WISDOM-Argentina, 2009). De ese valor, 119643 toneladas de residuos (en base seca) se utilizan para la generación de calor (poder calorífico promedio de biomasa: 20MJ/kg) en el subsector. Considerando una humedad del 50% (p/p) (Zorrilla, 2001) y descontando los residuos que se emplean en los aserraderos, la masa total de residuos disponibles y susceptibles de descomposición resulta 3100000 toneladas anuales, El producto de esta cantidad de residuos por el factor BECH4,SWDS,y son las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas a partir de la descomposición de la biomasa acumulada, que ascienden a 462254 tCO<sub>2</sub> anuales.

Se calcularon las emisiones de los respectivos segmentos que se detallan en la *Tabla 2.14*, considerando los factores de emisión de la Red Argentina del gas natural, del gas licuado de petróleo y de la biomasa, listados en la *Tabla 2.1.3.*, además del término de emisiones por descomposición de metano para los aserraderos.

**Tabla 2.14. Emisiones totales por segmento – Escenario base**

Segmento	Emisiones(tCO <sub>2</sub> /año)
Aserraderos	511.253
Tableros de partículas	129.283
Madera compensada	30.230

**Fuente: Elaboración propia**

Para los tres escenarios de cogeneración, se supuso que se continuará operando con el mismo combustible, una eficiencia eléctrica de cogeneración de 0.3, y una eficiencia global de 0.8. Se ajustó la cogeneración a la demanda total de calor necesaria para cada subsector.

Para los cálculos de emisiones de GEI, se utilizó como valor un consumo de energía igual al doble del calor demandado por cada segmento. Se multiplicaron los consumos de energía por los respectivos factores de emisión para obtener las emisiones de GEI por adopción de la tecnología de cogeneración. Para el caso de los aserraderos, se incluyó, además, el término de emisiones de metano por descomposición de la biomasa, recalculando la masa total de residuos de aserradero, sin utilizar, (2.861.247 t anuales de residuos de aserradero húmedos).

Para los tres segmentos considerados, luego de implementada la tecnología de cogeneración, se generaría un excedente de electricidad. Este excedente, afectado por el factor de emisión de la red, es el ahorro de GEI debido a la generación de electricidad excedente.

**Tabla 2.15. Emisiones por segmento aplicando tecnologías de cogeneración**

Segmento	Emisiones GEI cogeneración (tCO <sub>2</sub> anuales)	Ahorro GEI por generación excedente electricidad (tCO <sub>2</sub> anuales)
Aserraderos	426.581	143.227
Tableros de partículas	169.467	76.762
Madera compensada	45.897	1.368

**Fuente: Elaboración propia**

Para evaluar la mitigación de emisiones de GEI, se aplicó la siguiente ecuación:

**Mitigación= Línea de base – (Emisión de GEI cogeneración – Ahorro GEI generación exceso electricidad)**

La mitigación de emisiones GEI estimada para los distintos segmentos se detalla en la *Tabla 2.16*.

**Tabla 2.16. Mitigación de emisiones de GEI aplicando tecnologías de cogeneración**

Segmento	Mitigación de GEI cogeneración (tCO <sub>2</sub> /año)	Mitigación de GEI cogeneración con biomasa (tCO <sub>2</sub> /año)
Aserraderos	227.899	227.899
Tableros de partículas	36.578	196.995
Madera compensada	6.267	52.254

**Fuente: Elaboración propia**

Se podría alcanzar un escenario más favorable suponiendo que en las industrias de tableros de partículas y madera compensada, se utiliza biomasa - ya sea leña adquirida o residuos de la madera- para la cogeneración. En ese caso, las emisiones de GEI por cogeneración son nulas y las estimaciones de mitigación de GEI resultan considerablemente mayores.

## 6.2. Subsector industrialización de quesos

Para el cálculo del potencial de mitigación de GEI en PyMEs del sector alimentario, se eligió, como subsector, a la industria elaboradora de quesos. En la industria láctea argentina, existen 912 plantas industriales, de las cuáles, el 82% son PyMEs. Estas últimas centran su producción básicamente en la elaboración de quesos (MECON, 2011).

El consumo de calor en la industrialización de los quesos, se debe principalmente al proceso de pasteurización. La electricidad se utiliza en las etapas de prensado y homogeneización, entre otros (FAO, 1988).

Del total de la leche producida en los tambos (10.010 millones de litros), el 15% ingresa a PyMEs. De este volumen de leche, se supone que un 90% se utiliza en la elaboración de quesos. Según estas estimaciones, entonces, 1351 millones de litros de leche se utilizan en las PyMEs para la producción de queso. Considerando una densidad promedio de la leche de 1.03 g/cm<sup>3</sup> (Código Alimentario Argentino), se utilizan 1.391 millones de toneladas de leche para la producción de queso por PyMEs.

Los datos de consumo de calor y electricidad para este producto son muy dispersos, variando considerablemente según la instalación y el tipo de queso elaborado. Se encontraron valores en la bibliografía de 0.08-2.9 GJ electricidad/t leche procesada y de 0.15-4.6 GJ calor/t leche procesada (IPPC, 2006). Se utilizaron valores promedio para los cálculos. El consumo de energía se muestra en la *Tabla 2.17*:

**Tabla 2.17. Consumo de energía térmica y eléctrica en la elaboración de quesos**

	GJ/t de leche	MWh anuales
Energía térmica	2,37	918.261
Energía eléctrica	1,49	576.088

**Fuente: Elaboración propia**

Para las estimaciones del escenario de base, se supuso que la totalidad de estas plantas generan calor empleando gas natural. Esta suposición se fundamenta en que las industrias de pequeña y mediana escala elaboradoras de queso se ubican, principalmente, en localidades de las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe y disponen de gas natural proveniente de la red. Si bien existen plantas que funcionan con otros combustibles fósiles o leña, constituyen un grupo minoritario (Comunicación con CIL, 2011).

Utilizando los factores de emisión de la Red de Energía Eléctrica y del gas natural (*Tabla 2.13.*), se estimaron las emisiones del sector (escenario de base): 463.162 tCO<sub>2</sub>/año (*Tabla 2.18.*)

Para el escenario de cogeneración, se consideró que se seguirá operando con el mismo combustible (gas natural), una eficiencia eléctrica de cogeneración de 0.3 y una eficiencia global de 0.8. Se ajustó la cogeneración a la demanda total de calor necesaria para el subsector.

**Tabla 2.18. Emisiones de CO<sub>2</sub> de la industrialización de quesos**

	Escenario base	Escenario cogeneración
Emisiones GN (tCO <sub>2</sub> /año)	185.488	370.977
Emisiones red eléctrica (tCO <sub>2</sub> /año)	277.674	12.113
Emisiones totales (tCO <sub>2</sub> /año)	463.162	383.090

**Fuente: Elaboración propia**

Para el cálculo de emisiones de GEI para el escenario de cogeneración se supuso un consumo de energía de 1.836.522 MWh (energía necesaria para generar el calor total demandado). Multiplicando este valor por el factor de emisión del gas natural se obtienen las emisiones de GEI. Por otra parte, para este subsector y con las eficiencias eléctrica y total propuestas, no se alcanza a generar un excedente de electricidad sino que se necesita continuar consumiendo energía de la red (25.131 MWh). Afectando este valor por el factor de emisión de la red, se calculan las emisiones de GEI por el consumo de la red.

Realizando el mismo cálculo que para el subsector maderero se obtiene la mitigación total. En este caso el término de "Ahorro GEI generación exceso electricidad" es igual a (-12113) tCO<sub>2</sub>, ya que no existe exceso sino defecto de electricidad.

Para el cálculo de la mitigación de GEI se aplica la misma expresión que para el análisis del sector maderero:

**Mitigación= Línea de base – (Emisión de GEI cogeneración – Ahorro GEI generación exceso electricidad)**

Otro escenario posible consiste en suponer que se utiliza biomasa como fuente de energía primaria para la cogeneración. El factor de emisión de la biomasa es 0 tCO<sub>2</sub>/MWh. Los resultados obtenidos para este escenario se indican en la *Tabla 2.19*.

**Tabla 2.19. Mitigación de GEI aplicando cogeneración. Comparación entre gas natural y biomasa como fuentes de energía primaria**

	Cogeneración con gas natural	Cogeneración con biomasa
Mitigación de GEI (tCO <sub>2</sub> /año)	80.072	451.048

**Fuente: Elaboración propia**

### 6.3. Subsector industrialización de yerba mate y té

Se consideró en ambos casos la adopción de la tecnología de cogeneración para el suministro del calor en la etapa de secado de yerba mate y té. Prácticamente, la totalidad de los establecimientos que se dedican al procesamiento de yerba mate se encuentran localizados en todo el territorio de la provincia de Misiones y en el norte de Corrientes. En base a la

información relevada por la Dirección de Información y Análisis Regional y Dirección de Información y Análisis Sectorial dependiente del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas (MECON, 2011) y del Instituto Nacional de Yerba Mate (INYM, 2011) la producción de yerba mate molida correspondiente al año 2010 es de alrededor de 250.000 toneladas, según los datos registrados durante 2011, valor que se mantendría para este período.

El calor en esta industria se utiliza, principalmente, para las etapas de zapecado y secado que conforman el proceso de industrialización. La electricidad se utiliza para el canchado, secado, molienda y envasado (Información de Molino Loma Verde). En la *Tabla 2.20* se indican los consumos de energía por tonelada de yerba mate producida.

**Tabla 2.20. Requerimientos de energía por tonelada de yerba mate producida**

Energía térmica zapecado (MWh/t)	5.55
Energía térmica secado (MWh/t)	1.39
Energía eléctrica (MWh/t)	0.34
Energía total (MWh/t)	7.28

**Fuente: Molino Loma Verde**

Considerando la producción anual de yerba mate molida, se obtiene el consumo total de energía del subsector y las emisiones que resultan de dicha actividad. Se debe tener en cuenta que el aporte de energía térmica en esta industria está completamente cubierto por biomasa, principalmente, leñosa. A los efectos del cálculo, se consideró que la energía eléctrica utilizada proviene de la red de distribución. Para el cálculo de las emisiones se emplearon los factores de emisiones de CO<sub>2</sub> de la Red Argentina de Energía Eléctrica y de la biomasa (*Tabla 2.21*).

**Tabla 2.21. Energía consumida y emisiones del subsector yerba mate-Escenario de base**

Energía térmica zapecado (MWh/año)	1.388.889
Energía térmica secado (MWh/año)	347.722
Energía eléctrica (MWh/año)	83.916
Emisiones (tCO <sub>2</sub> /año)	40.447

**Fuente: Elaboración propia**

Cabe señalar que la energía térmica requerida para la etapa de zapecado no puede provenir del calor recuperado de CHP, debido a las características energético-intensivas de esta operación. Por esta razón, se dimensiona el requerimiento de cogeneración teniendo en cuenta solamente el calor necesario para la etapa de secado.

Se considera la implementación de tecnologías de cogeneración que utilicen biomasa como combustible. Se dimensiona el sistema de cogeneración para satisfacer la demanda térmica, de modo que éste resulte más eficiente (Flin, 2010). Esta condición producirá un exceso de



energía eléctrica que podría desplazar electricidad de la red con el consecuente ahorro de emisiones. Debido a las características particulares del subsector y su localización en una región donde existe disponibilidad de biomasa (WISDOM-Argentina, 2009) y que no está abastecida por gas natural de red, se asume que las tecnologías a adoptar emplearán biomasa como combustible. Realizando cálculos análogos a los detallados para la industrialización de la madera, se obtiene la mitigación de emisiones GEI consignada en la *Tabla 2.22*.

**Tabla 2.22 Energía cogenerada y mitigación de emisiones del subsector yerba mate empleando biomasa como fuente de energía primaria**

Energía térmica cogenerada (MWh/año)	347.722
Energía eléctrica cogenerada (MWh/año)	208.333
Energía total usada (MWh/año)	694444
Mitigación emisiones GEI (tCO <sub>2</sub> /año)	100.416

**Fuente: Elaboración propia**

Los secaderos de té son un caso análogo a los de yerba mate por su localización territorial, dimensiones de los establecimientos y procesos productivos que involucran alto consumo de energía térmica. La producción total nacional de té asciende a 79700 t anuales (Parra, 2008).

El calor se utiliza en las etapas de secado, fermentado y marchitado, mientras que la electricidad se utiliza en el marchitado, enrutado, fermentado y envasado (Parra, 2005). La demanda energética para la producción por tonelada de té elaborado se estimó en base a datos de la literatura especializada (Dhanapala y Wijayatunga 2002, Jayasekara y Anandacoomaraswamy, 2005). Esta coincide con la información suministrada por el sector (comunicación con la Cámara Argentina de Té, 2011).

Para la estimación de emisiones, se tomó la misma base de cálculo empleada en el análisis del subsector yerba mate, es decir el factor de emisión de la red de energía eléctrica (*Tabla 2.23*).

**Tabla 2.23. Energía consumida y emisiones del subsector té - Escenario de base**

Energía térmica (MWh/año)	540.188
Energía eléctrica (MWh/año)	59.775
Emisiones (tCO <sub>2</sub> /año)	28.811

**Fuente: Elaboración propia**

En forma análoga al subsector yerba mate, se analiza el escenario con adopción de tecnologías de cogeneración que tengan la posibilidad de emplear biomasa como combustible, dada su localización territorial. Dimensionando la generación en base a la demanda térmica del subsector, se obtiene un excedente de energía eléctrica que podría desplazar energía

proveniente de la red con el consecuente ahorro de emisiones. De acuerdo a esta estimación el ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> resultante se indica en la *Tabla 2.24*.

**Tabla 2.24. Estimaciones para los secaderos de té por adopción**

Térmica cogenerada (MWh)	540.188
Eléctrica cogenerada (MWh)	324.113
Energía total usada (MWh)	1.080.377
Mitigación emisiones GEI (tCO <sub>2</sub> /año)	156.223

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4. Síntesis de resultados de estimaciones para los subsectores y segmentos analizados

La *Tabla 2.25*, resume las evaluaciones para las emisiones, la mitigación de emisiones y el desplazamiento de energía eléctrica de la red por año, en los escenarios de base y con adopción de tecnología de cogeneración para los distintos subsectores analizados.

**Tabla 2.25. Estimaciones para todos los subsectores y segmentos analizados**

Subsector	Emisiones escenario base (tCO <sub>2</sub> )	Emisiones escenario con CHP (tCO <sub>2</sub> )	Mitigación emisiones (tCO <sub>2</sub> )	Desplazamiento de energía eléctrica de la red (MWh)
Maderero Aserraderos	511.253	283.354	227.899	297.152
Maderero Tableros de partículas	129.283	74.605	36.578	159.258
Maderero Tableros de partículas <sup>1</sup>	129.283	-76.762 <sup>2</sup>	196.995	159.258
Maderero Madera compensada	30.230	23.963	6.267	45.506
Maderero Madera compensada <sup>1</sup>	30.230	-22.024 <sup>2</sup>	52.254	45.506
Quesos	463.162	383.090	80.072	-25.131 <sup>3</sup>
Quesos <sup>1</sup>	463.162	12.114	451.048	-25.131 <sup>3</sup>
Yerba Mate	40.447	-59.969 <sup>2</sup>	100.416	124.417
Té	28.811	-127.412 <sup>2</sup>	156.223	264.338

1: considera que el sistema de CHP a implementar utiliza biomasa como fuente de energía primaria.

2: el valor es negativo calculado en base a la energía eléctrica desplazada de la red.

3: el valor es negativo porque se necesita consumir electricidad de la red.

Fuente: Elaboración propia

## 7. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE COGENERACIÓN

### 7.1. Metodología de análisis multicriterio de las alternativas tecnológicas

Se ha desarrollado un análisis multicriterio a los fines de proporcionar una evaluación más abarcativa e integral de las tecnologías seleccionadas para los sectores relevantes.

El análisis propone la valoración de un conjunto de criterios correspondiente a distintas dimensiones de la sustentabilidad (*Tabla 2.26*). A cada criterio que compone una determinada dimensión se le asignó un valor discreto entre 0 y 100, según la siguiente escala de ponderación: 0 (malo), 25 (regular), 50 (bueno), 75 (muy bueno), 100 (excelente). Para el cálculo, se le adjudicó a cada dimensión un valor máximo de 100. Para obtener este puntaje, se consideró que la máxima contribución posible de cada criterio al valor de la dimensión es la misma. Es decir, se consideró que ningún criterio predomina sobre los restantes dentro de una dimensión. El valor de cada dimensión se normalizó a 100 aplicando la siguiente ecuación:

$$Valor\ dimensión = \frac{\sum Valor\ criterio}{Nro\ de\ criterios}$$

Los resultados del análisis multicriterio obtenidos para las alternativas tecnológicas identificadas se presentan en la *Tabla 2.27*.

**Tabla 2.26. Fundamento para la ponderación. Matriz multicriterio**

Dimensión	Criterio	Fundamento para la ponderación
AMBIENTAL	Emisiones de GEIs	Se asignó el valor de acuerdo a las emisiones de CO <sub>2</sub> características de cada tecnología identificada, enfatizando en la posibilidad de emplear biomasa como fuente de energía primaria.
	Ruido	Se fijó el valor del criterio en base a las emisiones sonoras y vibraciones mecánicas características de cada tecnología.
	Calidad aire	Se evaluaron emisiones de NO <sub>x</sub> , CO y material particulado de las tecnologías consideradas.
	Agua	Se valoró el uso intensivo de agua para la implementación de la tecnología, por ejemplo, los requerimientos de agua para los generadores de vapor.
	Paisaje	En este criterio se tuvo en cuenta la superficie ocupada por los equipos y la edificación de obra civil necesaria para albergar las nuevas plantas, como así también la recuperación de espacios ocupados los residuos acumulados.
SOCIAL	Empleo	Se consideró la generación de empleo, en número, tanto para la operación como el mantenimiento, que requiere cada tecnología.
	Capacitación(calidad):	Este criterio guarda relación con el grado de capacitación necesario del personal a cargo de la operación y el mantenimiento de las plantas de cogeneración.
	Salud	Califica riesgos para la salud en el ambiente de trabajo e inmediaciones; también incluye el aspecto de seguridad.

<b>ECONÓMICA</b>	Inversión	Se relacionó el criterio con el costo de inversión por kW de cada tecnología.
	Operación y mantenimiento	Se relacionó con los costos de operación y mantenimiento
	Desarrollo local	La valoración se realizó en función de la complejidad de las tecnologías; se adjudicó el máximo score a aquellas de desarrollo factible a futuro en el país.
	Economías regionales.	Se tuvo en cuenta la mayor demanda de servicios especializados y necesidad de provisión de insumos y repuestos de las distintas tecnologías y su impacto en los subsectores industriales de la región.
	Uso tierra	Se cuantificó la posibilidad de evitar o reducir la acumulación de residuos en sitios para disposición.
<b>POLÍTICA/ INSTITUCIONAL</b>	CER	Se evaluó este criterio en base a la posibilidad que ofrece cada tecnología para la obtención de créditos por reducción de emisiones a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio
	Marco regulatorio	Este criterio considera las dificultades que pueda involucrar la implementación de cada tecnología desde el punto de vista de la legislación y normativa vigentes.
	Aceptación social	Se vinculó este factor con la mayor difusión, aceptación y madurez de las distintas tecnologías analizadas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.27. Matriz multicriterio para las tecnologías de cogeneración identificadas

Dimensión	Criterio	Tecnologías						
		DI	OT	TV	TG	CRO	CH	CE
<b>AMBIENTAL</b>	GEI	75	75	100	50	100	50	100
	Ruido	25	25	50	25	25	50	50
	Calidad aire	25	50	25	75	25	100	25
	Agua	75	75	50	100	75	50	100
	Paisaje	75	75	50	75	50	75	50
<b>SOCIAL</b>	Empleo	50	50	75	50	25	50	75
	Capacitación	50	50	75	75	75	75	75
	Salud	50	75	25	50	25	50	50
<b>ECONÓMICA</b>	Inversión	100	100	75	25	25	50	25
	Operación y mantenimiento	50	50	75	75	75	50	50
	Desarrollo local	100	100	75	50	25	25	0
	Economías regionales.	75	75	75	75	50	50	50

	Uso tierra	0	50	100	0	100	0	100
POLÍTICA	CER	50	50	75	50	75	50	75
	Marco regulatorio	25	25	50	25	0	25	50
	Aceptación social	75	75	75	50	0	25	0
TOTAL		222	243	260	210	177	192	218

DI: Motor Diesel; OT: Motor Otto; TV: Turbina de vapor; TG: Turbina de gas; CRO: Ciclo Rankine Orgánico; CH: Ciclo Cheng; CE: Turbina de gas de combustión externa

Fuente: Elaboración propia

## 7.2. Resultados del análisis multicriterio aplicado a subsectores

Los resultados del análisis multicriterio indican que, entre las siete tecnologías identificadas, la tecnología de cogeneración en base a la turbina de vapor es la que presenta el mayor potencial para su implementación, seguida por la del motor Otto.

Los mismos son concordantes con la tendencia relevada a nivel global para escalas de plantas de cogeneración de 1 - 2 MW. Estas tecnologías resultan favorecidas en el análisis multicriterial por permitir el empleo de biomasa como fuente de energía primaria. No obstante, se debe tener cuenta que la utilización de biomasa como combustible en el caso del motor Otto requiere la gasificación previa de la biomasa. El análisis de la implementación de estas tecnologías para cada uno de los subsectores industriales seleccionados se presenta a continuación.

### 7.2.1. Subsector industrialización de madera - Segmento aserraderos

Los aserraderos se concentran casi en su totalidad en la provincia de Misiones y norte de la provincia de Corrientes y no tienen acceso a gas natural de red. La abundancia de residuos generados conjuntamente con la relación potencia/calor ( $\approx 0.15$ ) favorece la elección de la tecnología en base a la turbina de vapor.

Para la implementación de esta tecnología, se debe considerar la actual existencia de calderas empleadas para la generación de calor utilizado en el secado. Esto facilitaría, al menos parcialmente, la adopción de esta tecnología de cogeneración por parte de los aserraderos, los que, simultáneamente, podrían beneficiarse por venta del excedente de electricidad a la red. Asimismo, la reconversión contribuiría a disminuir los abundantes depósitos de residuos que se disponen en los terrenos aledaños a los aserraderos y las emisiones asociadas a la descomposición de los mismos. Además, considerando que esta tecnología se caracteriza por una alta disponibilidad, resulta ventajosa para sectores rurales ya que no demanda servicios técnicos frecuentes. La adopción de esta tecnología permitiría una mitigación de 228000 tCO<sub>2</sub>/año y un desplazamiento de energía eléctrica de la red de casi 300000 MWh anuales.

### **7.2.2. Subsector industrialización de madera - Segmento tableros de partículas**

Las fábricas de este segmento se ubican principalmente en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos y Mendoza con acceso a gas natural de red. En este caso, considerando los requerimientos de energía térmica de alta calidad (vapor de alta presión), especialmente para los procesos de prensado en caliente, y una relación de potencia calor de aproximadamente 0,22, la tecnología de cogeneración en base a la turbina de vapor también cumpliría adecuadamente con estos requisitos. Si bien en la actualidad, las industrias de tableros emplean gas natural como fuente de energía primaria, la caldera asociada a la turbina de vapor permitiría migrar a la utilización de biomasa. Esto acrecentaría el potencial de mitigación de GEI. En el caso de adoptar la tecnología de turbina de vapor utilizando gas natural como combustible se alcanzaría una mitigación de aproximadamente 45000 tCO<sub>2</sub>/año, mientras que el empleo de biomasa conduciría a una mitigación de cerca de 4.5 veces mayor (aproximadamente 197000 tCO<sub>2</sub>/año). Asimismo, con la adopción de esta tecnología de cogeneración se lograrían desplazar alrededor de 160000MWh por año de la red eléctrica.

### **7.2.3. Subsector industrialización de madera - Segmento madera compensada**

Las industrias destinadas a este segmento se localizan en Misiones, Corrientes y norte de la provincia de Santa Fe. Estas comparten los requerimientos de los aserraderos en cuanto a la relación potencia/calor y de las industrias de tableros de partículas respecto a la calidad de energía térmica. Por consiguiente, la tecnología de cogeneración en base a la turbina de vapor también resulta apta para este segmento, que emplea GLP para la generación de calor.

La implementación de esta tecnología de cogeneración utilizando el mismo combustible fósil permitiría mitigar solamente alrededor de 6.300 tCO<sub>2</sub>/año. Sin embargo, la aplicación de esta tecnología empleando biomasa como fuente de energía primaria conduciría a incrementar pronunciadamente la mitigación, alcanzando un valor de alrededor de 52.000 tCO<sub>2</sub>/año. El excedente de energía eléctrica en este caso es menor que para los otros dos segmentos madereros considerados, desplazando de la red alrededor de 45.000 MWh por año.

### **7.2.4. Subsector industrialización de quesos**

Este subsector se caracteriza por requerir una alta relación potencia/ calor (0,63) y una calidad de energía térmica media-baja para el proceso de industrialización. En este caso, no sería posible alcanzar esta relación empleando la tecnología en base a la turbina de vapor y, por otra parte, el procesamiento de quesos no requiere de energía térmica de alta calidad. Por consiguiente, en este caso, la adopción de la tecnología de cogeneración en base al motor Otto resulta la más recomendable. Las industrias de pequeña y mediana escala elaboradoras de quesos están localizadas en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba y, en general, cuentan con suministro de gas natural de red.

El empleo de este combustible resulta favorable para la implementación de la tecnología centrada en el motor Otto. Si bien la implementación de esta tecnología no sería suficiente para abastecer a los establecimientos del total de la energía eléctrica necesaria, permitiría alcanzar una mitigación de 80.000tCO<sub>2</sub>/año. En caso de utilizar biomasa, se alcanzaría una mitigación muy superior, ascendiendo ésta a 450.000tCO<sub>2</sub>/año, pero se requiere implementar un proceso previo de gasificación de la biomasa, con los consiguientes costos adicionales

asociados. No obstante, en ambos escenarios de cogeneración, las empresas deberían continuar consumiendo energía eléctrica de la red.

### **7.2.5. Subsector industrialización de yerba mate y té**

Las industrias elaboradoras de estas infusiones se localizan en Misiones y norte de Corrientes. Los requerimientos en cuanto a calidad de energía térmica son similares para ambas y se centran, primordialmente, en las operaciones de secado. Las relaciones potencia/calor requeridas son 0.24 y 0.11 para la yerba mate y el té, respectivamente. Considerando que en la práctica habitual de estas industrias se emplea biomasa leñosa para alimentar las calderas, la tecnología de cogeneración centrada en la turbina de vapor resultaría adecuada para el procesamiento de ambos cultivos. En el caso de la industrialización de la yerba mate, la adopción de esta tecnología conduciría a una mitigación cercana a 100000tCO<sub>2</sub>/año y un desplazamiento de energía eléctrica de la red de alrededor de 124.000 MWh por año. Para la industrialización del té, se lograría una mitigación del orden de 155000tCO<sub>2</sub>/año y un excedente de energía eléctrica de 265.000 MWh por año.

### **7.3. Análisis global y de sensibilidad**

Globalmente, la implementación de las tecnologías de cogeneración identificadas como las de mayor viabilidad para los tres subsectores en el escenario más conservador, que involucra considerar que se continuarán utilizando los mismos combustibles que en la práctica actual, permitiría una mitigación emisiones de 615.000 tCO<sub>2</sub>/año.

En un escenario más favorable, que consistiría en reemplazar los combustibles fósiles por biomasa, la mitigación ascendería a 1.165.000 tCO<sub>2</sub>/año. En ambos escenarios, la energía desplazada de la red eléctrica alcanzaría 780.000 MWh por año.

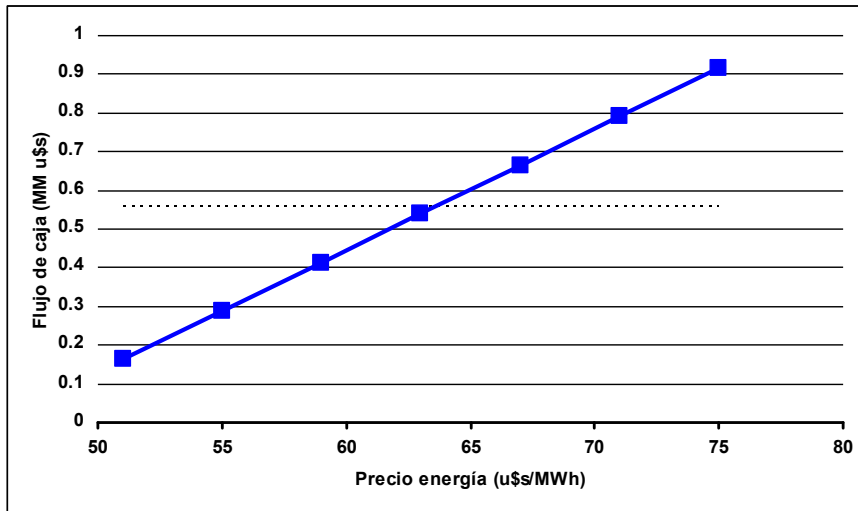
Para que la implementación de sistemas de cogeneración resulte viable desde el punto de vista técnico-económico en pequeña y mediana escala, es imprescindible la venta del excedente de energía eléctrica a la red a un precio que haga factible la rentabilidad de la inversión.

El alto costo de inversión asociado a la implementación de tecnologías de cogeneración es una de las principales barreras para la concreción de este tipo de emprendimientos en industrias de pequeña y mediana escala, al menos para afrontarlo en forma individual.

En cuanto a las opciones de financiamiento (punto 4.33) la alternativa de leasing resultaría la más adecuada para las industrias de tableros de partículas, maderas compensadas y productoras de queso por su ubicación en zonas urbanas o suburbanas. En cambio, para los aserraderos y secaderos de té y yerba, la asociación con empresas generadoras-distribuidoras de energía eléctrica parece más conveniente.

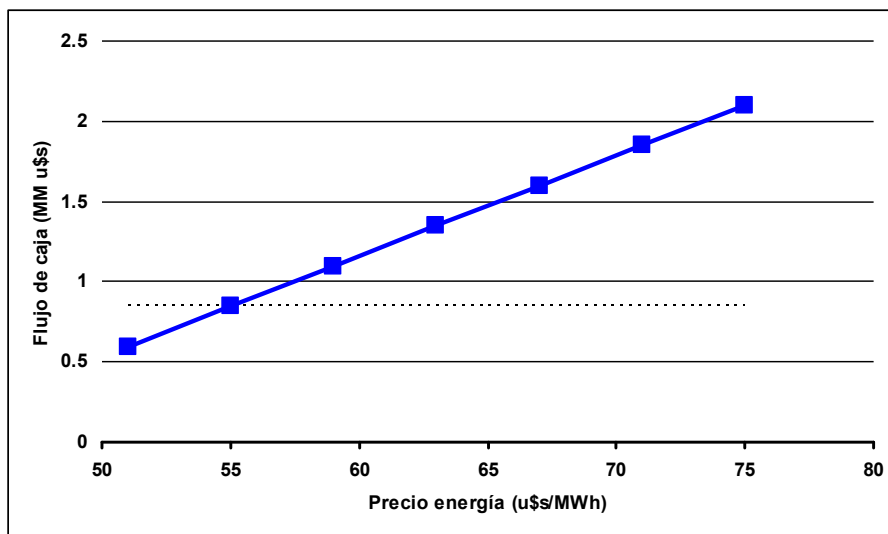
A modo de ejemplo, se grafican los flujos de caja a 20 años en función de precio de venta de la energía para sistemas de cogeneración basados en turbina de vapor de distinta potencia (0.5 – 3 MW). En las *Figuras 2.32. a 2.34* puede apreciarse que para los dos sistemas de menor escala se requeriría vender la energía a mayor precio, para que la rentabilidad del proyecto sea aceptable; la línea de puntos en las figuras indica el monto de inversión de capital necesario.

Figura 2.32. Flujo de caja a 20 años para un sistema de cogeneración basado en turbina de vapor de 0.5 MW



Fuente: Elaboración propia

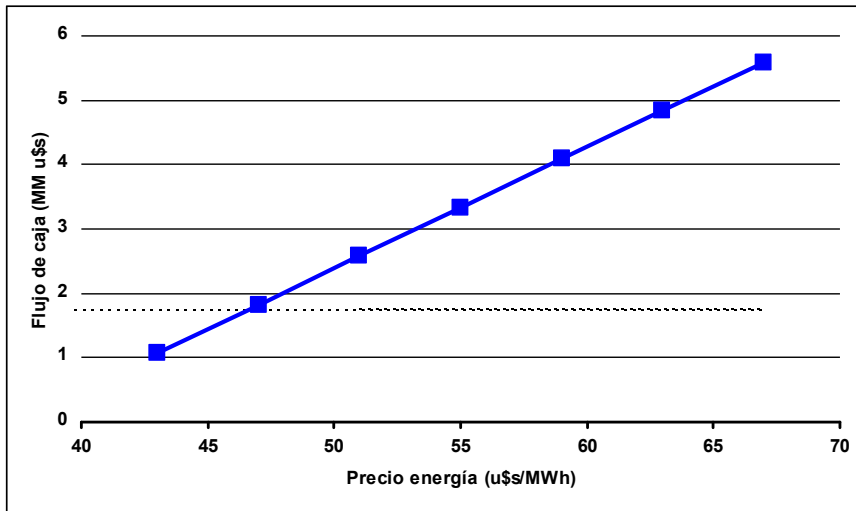
Figura 2.33. Flujo de caja a 20 años para un sistema de cogeneración basado en turbina de vapor de 1 MW



Fuente: Elaboración propia



Figura 2.34. Flujo de caja a 20 años para un sistema de cogeneración basado en turbina de vapor de 3 MW



Fuente: Elaboración propia

## 8. COMENTARIOS FINALES

---

Los beneficios que presentan los sistemas de cogeneración se vinculan, por un lado a las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la mejora en la eficiencia total del sistema, y en caso de utilizar residuos de biomasa como combustibles, al desplazamiento de emisiones metano generado por la descomposición anaeróbica de los residuos acumulados en condiciones anaeróbicas. Por otro lado, la cogeneración presenta beneficios económicos y estratégicos que supone la reducción en el consumo de combustibles fósiles y la seguridad en el suministro de energía para las empresas.

El sector de cogeneración incluye tecnologías que permiten la articulación entre distintos subsectores industriales dado que requiere por un lado de empresas o pequeños productores que cuentan con la oferta de biomasa y por el otro de establecimientos que industrializan las materias primas y presentan una demanda calor y energía eléctrica para sus procesos industriales.

En este sentido, se evaluó la implementación de tecnologías de cogeneración en los sectores de industrialización de madera (subsectores, tableros de partículas, y madera compensada), industrialización de quesos, e industrialización de yerba mate y té.

Después de la evaluación preliminar de 19 tecnologías para la cogeneración actualmente en uso en diferentes lugares del mundo, se analizaron en particular para este estudio las tecnologías Motor Diesel; Motor Otto; Turbina de vapor; Turbina de gas, CRO: Ciclo Rankine Orgánico; CH: Ciclo Cheng; y CE: Turbina de gas de combustión externa.

Del análisis multicriterio desarrollado tanto por el equipo consultor como por otros actores de la industria, y considerando no solo aspectos económicos sino también aspectos ambientales y sociales del desarrollo e implementación de estas tecnologías en los sectores económicos evaluados, la cogeneración mediante el uso de turbinas, tanto de gas como de vapor, aparecen en el primer lugar de la evaluación, seguidas de la cogeneración mediante motores de combustión interna de Ciclo Otto.

El análisis muestra, que de vencerse las barreras identificadas y satisfacerse una serie de necesidades referidas a la capacitación y al marco normativo, la cogeneración en la industria tiene un potencial significativo en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, en la economía de las empresas, y también en la seguridad en el suministro de energía para la producción.

## 9. ANEXOS SECCIÓN I

---

### 9.1. LISTA DE ACTORES INVOLUCRADOS

Para contrastar los resultados de la matriz de análisis multicriterio, se convocaron tres posibles partes interesadas para que evalúen mediante los mismos criterios las tecnologías identificadas. Los stakeholders están involucrados en el sector energético y el industrial:

- **Ing. Tomás Vombergar.** Ingeniero de Procesos en Pan American Energy  
Contacto: [tomas\\_vombergar@yahoo.com.ar](mailto:tomas_vombergar@yahoo.com.ar)
- **Ing. Ivanna Rodríguez.** Ingeniera de Química de Procesos y Reactores en Comisión Nacional de Energía Atómica  
Contacto: [irodriguez@cnea.gov.ar](mailto:irodriguez@cnea.gov.ar)
- **Ing. Fabio Pennella.** Miembro de la Comisión de Medio Ambiente de la Unión Industrial Argentina (UIA)  
Contacto: [fabio.pennella@gmail.com](mailto:fabio.pennella@gmail.com)

En el caso de los stakeholders, se limitó el análisis a las cuatro tecnologías más difundidas: motores Diesel y Otto, y turbinas de vapor y de gas. Se envió a cada stakeholder la matriz sin valores numéricos, y el alcance de cada criterio. Se indicó, además, que debían calificar cada criterio de 0 a 100 mediante múltiplos de 25.

## 9.2. FICHAS DE TECNOLOGÍAS SELECCIONADAS

### A. Sistemas de cogeneración en base a turbina de vapor

#### a. Introducción

La turbina de vapor (ciclo Rankine convencional) es una turbo-máquina rotora que transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica, a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido de trabajo (el vapor) y el rodete, órgano principal de la turbina. Este cuenta con palas o álabes, cuya configuración permite realizar el intercambio energético. La disminución del contenido entálpico del vapor se convierte en trabajo mecánico, que es aprovechado por un generador para producir electricidad.

#### b. Características de la tecnología

Existen dos tipos principales de turbinas de vapor utilizadas en CHP: las turbinas de contrapresión y las turbinas de extracción. Las últimas son más utilizadas que las primeras, ya que permiten independizar los requerimientos de calor y electricidad. A medida que la presión de descarga es menor, la turbina generará más electricidad a expensas de generar menor calor utilizable. Dado que se emplea una caldera para la generación del vapor, este sistema de cogeneración permite el uso de una gran variedad de combustibles (US-EPA, 2008).

- **Rango**

El rango de empleo de las turbinas de vapor es de 0.5-15 MW.

- **Eficiencia**

La eficiencia total de los sistemas CHP en base a turbina de vapor es de 80-85%, mientras que la eficiencia eléctrica es de 15-30%. Esto se debe a que las turbinas de vapor generan la electricidad como un producto secundario; la instalación se realiza con el objetivo de maximizar la producción de vapor. Así la relación calor/electricidad de esta tecnología es siempre mayor a 3 y, normalmente, tiene valores cercanos a 10 (DECC-UK, 2011).

- **Consideraciones de diseño**

Las turbinas de vapor (especialmente las pequeñas) tienen pérdidas de vapor a través de los sellos y, por consiguiente, pérdidas de generación de electricidad. Debido a que se utilizan presiones elevadas de vapor, la carcasa debe tener un espesor considerable, lo que genera una gran inercia térmica. Se puede recalentar el vapor a la salida de la turbina para ser utilizada en una segunda expansión y aumentar la generación de electricidad. Se evita así la generación de condensado que dañaría las palas de la turbina. En relación a la caldera, es necesario instalar una válvula de seguridad para evitar posibles accidentes.

- **Ventajas y desventajas**

La principal ventaja de la turbina de vapor es la posibilidad de utilizar prácticamente cualquier tipo de combustible para la generación del vapor. Se puede emplear biomasa, carbón, gas natural, gasolina, residuos sólidos municipales, entre otros combustibles. El calor generado se utiliza como vapor de alta o baja presión.

Esta tecnología se caracteriza por su gran disponibilidad (tiempo que se encuentra funcionando), cercana al 99%. El tiempo entre paradas para el mantenimiento es mayor al año. Además, la vida operacional de una turbina de vapor es de alrededor de 50 años (Wade, 2006). Las turbinas de vapor se construyen para funcionar en un gran rango de presiones, temperaturas y caudales y, por consiguiente, son aplicables a un amplio rango de procesos, de acuerdo a las necesidades del usuario. Entre las desventajas, la principal es el prolongado período de precalentamiento de las turbinas, que puede resultar de hasta un día. Otras desventajas son la alta generación de ruido y el bajo rendimiento eléctrico.

**c. Aplicabilidad específica en el país y potencial**

La aplicación de la tecnología en el país es factible. Existen antecedentes de empleo de turbinas de vapor en cogeneración a gran escala en industrias de envergadura, tales como petroquímicas, azucareras, aceiteras y papeleras. Su implementación es particularmente conveniente en industrias que requieran generar una gran cantidad de calor y la electricidad se consuma en forma secundaria.

**d. Estado de la tecnología en el país**

No existe desarrollo completo de la tecnología en el país. Si bien se fabrican calderas, no se cuenta con desarrollo nacional de turbinas de vapor.

**e. Beneficios para el desarrollo socio-económico y medioambiental**

Disminución de: consumos de energía primaria, importaciones de combustible (ahorro en la balanza comercial), emisiones de gases de efecto invernadero (en particular, CO<sub>2</sub>), pérdidas en el sistema eléctrico, inversiones en transporte y distribución.

Incremento de: la eficiencia de conversión de energía, la garantía de potencia y la calidad del servicio eléctrico.

Decentralización de la generación de electricidad, diversificación de las plantas de generación y mayor competencia en el mercado eléctrico.

Ahorro significativo de costos y aumento de la competitividad industrial.

Promoción de pequeñas y medianas empresas de construcción y operación de plantas de cogeneración y generación de empleo.

Motivación para la investigación, el desarrollo y la capacitación.

**f. Beneficios de la mitigación del cambio climático<sup>8</sup>**

Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero al medio ambiente, en particular de CO<sub>2</sub>. En caso de existir disponibilidad de biomasa o de otros materiales residuales, tales como gases de refinería o de proceso, residuos acumulados a la intemperie, éstos pueden emplearse

---

<sup>8</sup> Indicate adaptation benefits for adaptation technologies.

como combustibles, reduciendo su disposición e impactando positivamente sobre el medio ambiente.

#### **g. Requerimientos financieros y costos**

El costo de capital para una planta de cogeneración instalada en base a turbina de vapor se estima, según la capacidad de generación de energía eléctrica, en:

<b>Capacidad</b>	<b>Costo (U\$S/kWe)</b>	<b>Costo total (U\$Sx10<sup>3</sup>)</b>
0.5 MW	~ 1120	~ 560
15 MW	~ 430	~ 6450

Este costo involucra, principalmente, los sistemas de almacenamiento y acondicionamiento del combustible, la caldera, la turbina, el generador y el sistema de control de gases de chimenea. En circunstancias favorables, el retorno de la inversión de un proyecto de cogeneración se estima entre 3 a 5 años (EDUCOGEN, 2001). Los costos de operación y mantenimiento de estos sistemas se estiman en ~0.004 U\$S/kWh.

Los costos de inversión involucrados, y considerando especialmente la implementación de CHP en empresas de pequeña y/o mediana escala, requieren de financiamiento externo. Las posibles opciones de financiamiento, además de acceso a créditos bancarios con tasas de interés preferenciales, son *leasing* y/o asociación con empresas generadoras-distribuidoras de energía eléctrica, o con otras PyMEs localizadas en predios cercanos (ej. parque industrial).

## **B. Sistemas de cogeneración en base a motor de combustión interna ciclo Otto**

### **a. Introducción**

Un motor de combustión interna es una máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. La cámara de combustión (cilindro) contiene un pistón que se mueve a lo largo de ésta. El pistón está conectado a un cigüeñal que convierte el movimiento lineal del pistón en movimiento rotatorio del cigüeñal (Penht, 2006). En el motor Otto, la ignición de la mezcla de combustible y aire es causada por una chispa producida por una bujía.

### **b. Características de la tecnología**

El motor Otto convencional es de cuatro tiempos; efectúa una carrera útil cada dos giros. Existen motores de dos tiempos que generan más potencia, pero son menos eficientes en el consumo de combustible. Los cuatro tiempos son los siguientes:

1. Admisión: La mezcla aire-combustible entra al cilindro.
2. Compresión: La mezcla aire-combustible se comprime y es encendida por la bujía.
3. Expansión: Los gases calientes productos de la combustión se expanden y empujan al pistón hacia abajo.
4. Escape: Los gases de escape se conducen hacia fuera a través de la válvula de escape.

El combustible más usado en CHP con estos motores es el gas natural. Otros combustibles tales como LPG o bio-gas pueden emplearse, previa adaptación del motor (sistema de alimentación y relación de compresión) (DECC-UK, 2011).

Existen dos formas de encendido del combustible, según el tamaño del motor:

1. Cámara abierta: La ignición ocurre en el mismo cilindro.
2. Cámara de pre-combustión: La ignición ocurre en una cámara anterior al cilindro. Permite utilizar mezclas con menor relación combustible/aire que la cámara abierta.

Existen varias fuentes de calor en un motor Otto: los gases de escape a una temperatura de 400 °C, el agua de la camisa de enfriamiento del motor, el agua de enfriamiento del sistema lubricante, y el agua de enfriamiento del turbocompresor, si existe (los tres últimos, a temperaturas de 80°C). El calor de los gases de escape es aproximadamente el 50% del calor generado en el motor, y todas las corrientes de calor se pueden utilizar para generar agua caliente.

- **Rango**

Los motores Otto están disponibles en tamaños de hasta 4 MW.

- **Eficiencia**

La eficiencia eléctrica de los motores Otto es del 35% y la eficiencia total, del 80%

- **Ventajas y desventajas**

La principal ventaja de las máquinas Otto es su rápido encendido, del orden de los segundos. Esto las hace adecuadas para operaciones en procesos discontinuos. Además, su eficiencia a carga parcial se reduce muy poco, en comparación con las turbinas de gas o vapor. La disponibilidad de estos motores es del 95%.

Entre los inconvenientes, se incluyen: la necesidad de utilizar sistemas de enfriamiento (incluso cuando el calor no se pueda o no se desee utilizar), la baja relación potencia / peso, las vibraciones y los ruidos generados (US-EPA, 2008).

### **c. Aplicabilidad específica en el país y potencial**

La aplicación de la tecnología en el país es factible y existen antecedentes de empleo en generación de electricidad en distintas escalas, aunque sin aprovechamiento del calor residual. Su implementación es particularmente conveniente en industrias que requieran energía térmica de calidad media-baja.

### **d. Estado de la tecnología en el país**

No se fabrican motores de ciclo Otto en el país, pero existen varios representantes para su importación como así también disponibilidad de sistemas de recuperación de calor.

#### e. Beneficios para el desarrollo socio-económico y medioambiental

Disminución de: consumos de energía primaria, importaciones de combustible (ahorro en la balanza comercial), emisiones de gases de efecto invernadero (en particular, CO<sub>2</sub>), pérdidas en el sistema eléctrico, inversiones en transporte y distribución.

Incremento de: la eficiencia de conversión de energía, la garantía de potencia y la calidad del servicio eléctrico.

Decentralización de la generación de electricidad, diversificación de las plantas de generación y mayor competencia en el mercado eléctrico.

Ahorro significativo de costos y aumento de la competitividad industrial.

Promoción de pequeñas y medianas empresas de construcción y operación de plantas de cogeneración y generación de empleo.

Motivación para la investigación, el desarrollo y la capacitación.

#### f. Beneficios de la mitigación del cambio climático<sup>9</sup>

Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero al medio ambiente, en particular de CO<sub>2</sub>. En caso de existir disponibilidad de biomasa o residuos acumulados a la intemperie, la gasificación previa de éstos y su empleo como combustible contribuirían adicionalmente a mitigar los efectos que resultan de la utilización de combustibles fósiles y/o de la generación de CH<sub>4</sub> como consecuencia de la acumulación de residuos.

#### g. Requerimientos financieros y costos

El costo de capital para una planta de cogeneración instalada en base al motor de combustión interna ciclo Otto se estima, según la capacidad de generación de energía eléctrica, en:

Capacidad	Costo (U\$/kWe)	Costo total (U\$x103)
0.1 MW	~ 2210	221
5 MW	~ 1130	5650

Este tipo de plantas se comercializan en forma de paquete. En circunstancias favorables, el retorno de la inversión de un proyecto de cogeneración se estima entre 3 a 5 años.

Los costos de operación y mantenimiento se estiman en el rango de 0.01 – 0.02 U\$/kWh (EDUCOGEN, 2001).

Los costos de inversión involucrados, y considerando especialmente la implementación de CHP en empresas de pequeña y/o mediana escala, requieren de financiamiento externo. Las posibles opciones de financiamiento, además de acceso a créditos bancarios con tasas de interés preferenciales, son *leasing* y/o asociación con empresas generadoras-distribuidoras de energía eléctrica, o con otras PYMEs localizadas en predios cercanos (ej. parque industrial). .

<sup>9</sup> Indicate adaptation benefits for adaptation technologies.



### 9.3. LISTADO DE REFERENCIAS

- Anheden, M., Martin, A. 2000. Thermodynamic performance analysis and economic evaluation of externally fired gas turbine cycles for small scale biomass cogeneration. Proceedings of ASME Turbo Expo 2000.
- Badami, M., Mura M., Campanile, P., Anzioso, F. 2008. Design and performance evaluation of an innovative small scale combined cycle cogeneration system. Energy 33, 1264– 1276.
- Bako, G.C., Tsioliaridou, E., Potolias, C. 2008. Technoeconomic assessment and strategic analysis of heat and power co-generation (CHP) from biomass in Greece. Biomass and Bioenergy 32, 558 – 567.
- Baragatti, A. 2009. Presentación. Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía - PRONUREE. Secretaría de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Ingresos y Servicios Públicos. [www.energia.gov.ar](http://www.energia.gov.ar)
- Boldt, J., I. Nygaard, U. E. Hansen, S. Trærup (2012). Orientando el Proceso para Superar las Barreras a la Transferencia y Difusión de Tecnologías Relacionadas con el Cambio Climático. Centro Risø de Energía, Clima y Desarrollo Sostenible del PNUMA (URC), 2012
- Bombarda, P., Invernizzi, C., Pietra, C. 2010. Heat recovery from Diesel engines: A thermodynamic comparison between Kalina and ORC cycles. Applied Thermal Engineering 30, 212-219
- Bouam, A., Aissani, S., Kadi, R. 2008. Gas turbine performances improvement using steam injection in the combustion chamber under Sahara conditions. Oil & Gas Science and Technology – Rev. Institut français du pétrole (IFP), Vol. 63, 251-261.
- CMMESA  
[http://portalweb.cammesa.com/memnet1/revistas/estacional/datos\\_auto\\_cogeneracion.html](http://portalweb.cammesa.com/memnet1/revistas/estacional/datos_auto_cogeneracion.html)
- CMMESA. 2009. Experiencia de Cogeneración en el MEM, julio 2009.
- CMMESA. 2009. Autogeneradores en el Mercado Eléctrico Mayorista Argentino, julio 2009.
- Canitrot, L., Grosso, M., Méndez A. 2011. Complejo Yerbatero. Producción Regional por Complejos Productivos. Secretaría de Política Económica. Subsecretaría de Programación Económica. Dirección Nacional de Programación Económica Regional. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas.
- Canitrot, L., Iturregui, M. 2011. Complejo Ganadería Bovina Lácteos. Producción Regional por Complejos Productivos. Secretaría de Política Económica. Subsecretaría de Programación Económica. Dirección Nacional de Programación Económica Regional. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas.
- Centro de Estudios para la Producción. 2008. El sector Madera y Muebles en la Argentina. Secretaría de Industria, Comercio y PyME. Ministerio de Economía y Producción.
- Cheng, D. 2006. The distinction between the Cheng and STIG cycles. Proceedings of the ASME Expo 2006 Barcelona Spain The American Society of Mechanical Engineers
- CIL: Centro de Industria Lechera.

- Climate TechBook 2011. Cogeneration/Combined Heat and Power (CHP). Pew Center on Global Climate Change.
- Climate TechWiki. <http://climatetechwiki.org/technology/>
- Código Alimentario Argentino.
- COFECYT-MINCYT. Debilidades y desafíos tecnológicos del sector productivo- Té, Misiones. [http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pdf/productos\\_alimenticios/Hierbas/Te.pdf](http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pdf/productos_alimenticios/Hierbas/Te.pdf).
- Cogen3. 2003a. Technical Report Available Cogeneration Technologies in Europe Part I Definitions and Systems.
- Cogen3. 2003b. Technical Report Available Cogeneration Technologies in Europe Part II Technologies and Products
- D'Accadia, M.D., Musto, M. 2011. Engineering analysis of uncertainties in the performance evaluation of CHP systems. Applied Energy 88, 4297-4235.
- DECC-UK 2011. CHP Focus. Department of Energy and Climate UK. <http://chp.decc.gov.uk/cms/>
- Dhanapala, K, Wijayatunga, P. 2002. Economic and environmental impact of micro-hydro-and biomass-based electricity generation in the Sri Lanka tea plantation sector. Energy for Sustainable Development. Volume VI, 47-55.
- Danestig, M., Gebremehdin, A., Karlsson, B. 2007. Stockholm CHP potential—An opportunity for CO<sub>2</sub> reductions? Energy Policy 35, 4650–4660.
- Department of Energy. 2011. Efficiency and Renewable Energy Fuel Cell Technologies Program.
- Dong, L. Hao, L., Saffa, R. 2009. Development of small-scale and micro-scale biomass-fuelled CHP systems – A literature review. Applied Thermal Engineering 29, no. 11-12 (August 2009): 2119-2126.
- EDUCOGEN 2001. A Guide to Cogeneration. EDUCOGEN CONTRACT N° XVII/4.1031/P/99-159.
- Energías Renovables 2008 - Energía Biomasa. Secretaría de Energía.
- EEA 2011. Energy and Environment Analysis Inc. [www.eea-inc.com](http://www.eea-inc.com)
- Eurostat. 2009. Combined heat and power (CHP) in the EU , Turkey, and Norway—2009. Data Online at: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database;> [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main\\_tables](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main_tables)
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1988. Village milk processing, animal production and health paper 69, Rome.
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1990. Energy conservation in the mechanical forest industries, FAO forestry paper 93, Rome.
- Fischedick, M., R. Schaeffer, A. Adedoyin, M. Akai, T. Bruckner, L. Clarke, V. Krey, I. Savolainen, S. Teske, D. Üрге Vorsatz, R. Wright, 2011. Mitigation Potential and Costs. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation [O. Edenhofer, R. Pichs Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Figueredo, G., Vizcaino, N., Perna, S., Benitez, F. 2011. Cogeneración de trabajo y refrigeración mediante un ciclo basado en una mezcla de amoníaco y agua. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 15, 17-24.
- Flin, D. 2010. *Cogeneration. A user's guide*. The Institution of Engineering and Technology London, UK.
- Fraile Chico, D., García Garrido, S. 2008. *Cogeneración. Diseño, operación y mantenimiento de plantas*. Díaz de Santos, Madrid España.
- Fundación Bariloche. 2008. *Argentina: Diagnóstico, Prospectivas y lineamientos para definir Estrategias posibles ante el Cambio Climático*. Buenos Aires, Argentina. Julio 2008.
- Fushimi, A., Sosa, M.I. 2005. Proyecto BIRF TF51287/AR. Actividades Habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional de Argentina a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Estudio sobre Mitigación de Emisiones a través de Medidas de Eficiencia Energética, Cogeneración en el sector industrial, La Plata, 2005.
- Fushimi, A., Zárate, L. 2010. Posibilidades de aplicación de la cogeneración en la República Argentina. Estudio de casos notables World Congress & Exhibition ENGINEERING 2010-ARGENTINA. October 17th–20th. Buenos Aires, AR.
- Ganapathy, V., Heil, B., Rentz, J. 1988. Heat recovery steam generator for Cheng cycle application. Industrial Power Conference The American Society of Mechanical Engineers.
- Giaccone, L., Canova, A. 2009. Economical comparison of CHP systems for industrial user with large steam demand. *Applied Energy* 86, 904–914.
- Gomez, M. J., Sosa, M.I. 2007. La cogeneración y la energía plus. AVERMA, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 11, Art. 7-11, 07.39-07.46.
- IEA 2010. <http://www.iea.org/statist/index.htm>
- IEA 2011. Key World Energy Statistics. [www.iea.org](http://www.iea.org)
- INTA-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 2011. <http://www.inta.gov.ar/cerroazul/info/GUIA%20RESUMEN%20DEL%20PMC%20DEL%20COP%20TEALERO%20EN%20MISIONES.pdf>
- INYM. 2011. Instituto Nacional de Yerba Mate, Estadística 2011.
- IPPC Integrated Pollution Prevention and Control. 2006. Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk industries .
- Jayasekara, S., Anandacoomaraswamy, A. 2005. Free Bio Energy, Fertility, and Soil / Water Conservation in Tea Plantations. Proceedings of the International conference on issues for sustainable use of biomass resources for energy. Colombo Sri Lanka.
- Kerr, T. IEA / OECD. 2009. Cogeneration and District Energy. Sustainable energy technologies for today and tomorrow. [www.iea.org/files/CHPbrochure09.pdf](http://www.iea.org/files/CHPbrochure09.pdf)
- Kimming, M., Sundberg, C., Nordberg, A., Baky, A., Bernesson, S., Norén, O., Hansson, P.-A. 2011. Biomass from agriculture in small-scale combined heat and power plants. A comparative life cycle assessment. *Biomass and Bioenergy* 35, 1572-1581.
- Korobitsyn, M. 2002. Industrial applications of the air bottoming cycle. *Energy Conversion and Management* 43, no. 9-12, 1311-1322.

- Lifschitz, E. Bloques Sectoriales en Argentina Criterios metodológicos para su aplicación al análisis secto-regional por. Principales Bloques Productivos [www.desarr-territorial.gov.ar](http://www.desarr-territorial.gov.ar). Dirección Nacional de Programación Económica Regional, Ministerio de Economía y Producción (Argentina).
- Maslatón, C., Ladrón González, A. 2007. Estructura productiva de la industria maderera. <http://www.iade.org.ar/modules/noticias/article.php?storyid=1536> IADE (Instituto Argentino Para El Desarrollo Económico)
- Maslatón, C. 2011. Plan Estratégico Industrial – Argentina 2020. Sector Madera y Muebles.
- Marathon Engine Systems [www.marathonengine.com](http://www.marathonengine.com)
- Medrano, M., Mauzey, J., McDonell, V., Samuelsen, S., Boer, D. 2006. Theoretical analysis of a novel integrated energy system formed by a microturbine and an exhaust fired single double effect absorption chiller. *Int J Thermodyn* 9(1):29–36
- Min, C., Lund, H., Rosendahl, L., Condra, T. 2010. Energy efficiency analysis and impact evaluation of the application of thermoelectric power cycle to today's CHP systems. *Applied Energy* 87, no. 4, 1231-1238.
- MINAGRI Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. 2009. Sector forestal año 2008. Informe de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
- MINAGRI Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. 2010. Industriales forestales 2009. Informe de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- MINEXT Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto. Subsecretaría de Comercio Internacional. Dirección de Oferta Exportable. 2010. Informe Sector Alimentos Industrializados. Infusiones y Especies.
- MINEXT Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto. Subsecretaría de Comercio Internacional. Dirección General de Estrategias de Comercio Exterior. Dirección de Oferta Exportable Subsecretaría de Comercio Internacional. 2011. Informe Sectorial-Sector de la Industria de la Madera.
- Ministerio de Industria <http://www.minprod.gov.ar/argentina2020.htm>
- Moser, W., Aigenbauer, S., Heckmann, M. A. 2008. Biomass-Fuel based Micro-Scale CHP System with Thermoelectric Generators. Austrian Bioenergy, and Centre GmbH.
- Najjar, Y., Mahmoud, S. 1996. Performance analysis of gas turbine air-bottoming combined system. *Energy Conversion and Management* 37, 399-403.
- Ogriseck, S. 2009. Integration of Kalina cycle in a combined heat and power plant, a case study. *Applied Thermal Engineering* 29, 2843-2848.
- Parra, P. 2005. Té (*Camellia sinensis L.*) - Dirección Nacional de Alimentos - Dirección de Industria Alimentaria.
- Parra, P. 2008. Té y Yerba Mate Perfiles Productivos - Dirección Nacional de Alimentos - Dirección de Industria Alimentaria.
- Parra, P. 2009. Area infusiones: té. Informe de coyuntura bimestral: mayo-junio 2009. Dirección Nacional de Agroindustria - Dirección de Industria Alimentaria y Agroindustrias.
- Papadopoulos, A., Mirko S., Patrick L. 2010 On the systematic design and selection of optimal working fluids for Organic Rankine Cycles. *Applied Thermal Engineering* 30, 760-769.

- Pehnt, M., Cames, M., Fischer, C., Praetorius, B., Schneider, L., Schumacher, K., Voß, J. 2006. Micro Cogeneration Towards Decentralized Energy Systems. Springer Berlin.
- Perry, R., Green, D. 2008. Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8<sup>th</sup> edition. Mc Graw Hill, New York, USA.
- Pilavachi, P.A. 2002. Mini- and micro-gas turbines for combined heat and power. Applied Thermal Engineering 22, 2003–2014.
- Pilatowsky, I., Romero, R., Isaza, C., Gamboa, S., Sebastian, P., Rivera W. 2011. Cogeneration Fuel Cell- Sorption Air Conditioning Systems. Springer Verlag, London UK.
- PNUMA, 2011. Hacia una economía verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza - Síntesis para los encargados de la formulación de políticas. [www.unep.org/greeneconomy](http://www.unep.org/greeneconomy)
- Proyecto BIRF TF51287/AR. 2005. Actividades Habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional de Argentina a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Estudio sobre Mitigación de Emisiones a través de Medidas de Eficiencia Energética, Cogeneración en el sector industrial.
- Qiu, K., Hayden, A. 2007. Thermophotovoltaic power generation systems using natural gas-fired radiant burners. Solar Energy Materials and Solar Cells 91, 588-596.
- Resolución SE 0204/2008. Boletín Oficial n° 31.393, lunes 28 de abril de 2008, p. 36.
- Salomón, M., Savolab, T., Martina, A., Fogelholmb, C., Fransson, T. 2011. Small-scale biomass CHP plants in Sweden and Finland. Renewable and Sustainable Energy Reviews. En prensa.
- Secretaría de Energía - Dirección Nacional de Prospectiva 2009. COGENERACION. MERCADO ELECTRICO MAYORISTA. NORMATIVA. Julio/2009.
- SCN. Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2007.
- Siddhartha Bhatt, M. 2001. Mapping of general combined heat and power systems. Energy Conversion & Management 42, 115-124.
- Sosa, M.I. 2008. La cogeneración y el efecto Invernadero. I CAIM 2008 Primer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica. Octubre 2008. Argentina.
- Sosa, M.I., Fushimi, A., Pedernera, R., Adradas, A., Rodriguez, M.S. 2007. Proceedings of 19th International Congress of Mechanical Engineering, Cogeneration and Clean Development Mechanism, Vol. 1, Brasilia, Brasil, Paper COBEM2007-2277.
- Stirling Technology Inc. [www.stirling-tech.com](http://www.stirling-tech.com)
- Sun, Z., Guo, K. 2006. Cooling performance and energy saving of a compression-absorption refrigeration system driven by a gas engine. Int J Energ Res 30, 1109–1116.
- Schwartz, G. 2011. Documento de Trabajo. Año 17 – Edición N° 102. Una Argentina Competitiva, Productiva y Federal. Cadena de las Infusiones. Instituto de Estudios sobre la Realidad Argentina y Latinoamericana (IERAL) de Fundación Mediterránea.
- Tchanche, B.F., Lambrinos, G., Frangoudakis, A., Papadakis, G. 2011. Low-grade heat conversion into power using organic Rankine cycles – A review of various applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, 3963-3979.

- Tech4CDM 2009. 6<sup>th</sup> EUFP Report. La cogeneración en Argentina. [www.tech4cdm.com](http://www.tech4cdm.com).
- Thornton, A., Rodríguez Monroy, C. 2011. Distributed power generation in the United States. Renewable and Sustainable Energy Reviews. En prensa.
- Thuman A., Mehta P. 2008. Handbook of Energy Engineering, 6<sup>th</sup> edition. Taylor & Francis, Boca Raton, FL, USA.
- Turner, W., Doty S. 2006. Energy Management Handbook, Sixth Edition. The Fairmont Press, Inc. Taylor & Francis Ltd. Boca Raton Fla. USA.
- UNFCCC. 2011a. Tool to calculate the emission factor for an electricity system. Version 02.2.0.
- UNFCCC. 2011b. Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site Version 05.1.0.
- U. S. Environmental Protection Agency. 2007. Combined Heat and Power Partnership. Biomass Combined Heat and Power.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2008. Combined Heat and Power Partnership. Catalog of CHP Technologies.
- Veerapen, J., Beerepoot, M. 2011. Co-generation and Renewables. Solutions for a low-carbon energy future. Report. International Energy Agency.
- WADE 2006. World Alliance for Decentralized Energy. [www.localpower.org](http://www.localpower.org)
- Westner, G., Madlener, R. 2010. The benefit of regional diversification of cogeneration investments in Europe: A mean-variance portfolio analysis. Energy Policy 38, 7911–7920.
- WISDOM, FAO Departamento Forestal Dendroenergía. 2009. Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina.
- Zorrilla A. 2001. Naciones Unidas, Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Evaluación de Sustitución por tecnologías limpias.

## 10. BARRERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN

Las barreras identificadas para las tecnologías de cogeneración, en líneas generales, son comunes a todas las tecnologías, aunque son independientes del subsector industrial. No obstante, éstas pueden diferir en relación a la escala de aplicación. Gran parte de estas barreras ya han sido relevadas en documentos anteriores sobre cogeneración como por ejemplo Tech4CDM, 2009.

Se presentan a continuación por un lado las barreras comunes, incluyendo un análisis de relaciones causales y luego, puntualmente, las barreras para cada tecnología seleccionada.

### 10.1. Barreras Comunes

#### - Económicas – financieras

- Alto costo de inversión de los sistemas de cogeneración.
- Falta de instrumentos financieros (créditos blandos) que favorezcan la inversión en tecnologías de cogeneración.
- Bajo precio de las tarifas eléctricas y del gas natural.
- Costos adicionales de inversión asociados a la infraestructura o modificaciones de la infraestructura disponible para adecuarse a cambios de la tecnología y/o al cambio de combustible (por ejemplo, reemplazo de gas natural por biomasa) como así también para su interconexión a la red.
- Costos adicionales de operación y servicio de mantenimiento calificado, ya sea por requerir personal capacitado externo a la industria, por incremento de salario de personal de la misma industria por tareas de mayor responsabilidad, o por mayor demanda de mano de obra calificada para la operación y el mantenimiento de la planta de cogeneración.
- Incertidumbre en relación a la volatilidad de los precios y/o suministro de combustibles fósiles, especialmente gas natural de extendido empleo en las plantas de cogeneración.

#### - Técnicas y de capacidad

- Falta de desarrollo de sistemas de cogeneración a nivel nacional.
- Mayores requerimientos técnicos y de seguridad para la operación adecuada de las instalaciones de cogeneración por parte de los usuarios.
- Mayor capacitación técnica o entrenamiento adicional del personal existente en la industria que adoptará la tecnología de cogeneración o requerimiento de nuevo personal para la operación y el mantenimiento de la planta de cogeneración.
- Posibles variaciones en la calidad y/o disponibilidad del combustible, en caso de emplear biomasa como fuente de energía.
- Mayor complejidad tecnológica en caso de requerir una etapa previa de gasificación de biomasa o bio-gas para alimentar sistemas de cogeneración en base a turbinas de gas, en comparación con el empleo de gas natural o biomasa (sólida).

- Escasez de proyectistas, instaladores y mantenedores capacitados en plantas de cogeneración.

#### **- Institucionales, políticas y regulatorias**

- Complejidad del marco regulatorio actual, falta de flexibilidad respecto a la escala establecida en la normativa y otras regulaciones para la venta de electricidad cogenerada.
- Falta de un marco facilitador para la presentación de proyectos para su aprobación en el contexto del Mecanismo de Desarrollo Limpio, especialmente en el sector de pequeñas y medianas industrias.
- Difusión débil sobre las potencialidades y beneficios de la cogeneración, en particular para PYMES.
- Falta de incentivos fiscales y/o instrumentos financieros gubernamentales específicos para promover la adopción de tecnologías de cogeneración en el sector industrial.
- Falta de reconocimiento o beneficios por grado de eficiencia energética.
- Falta de inventario sobre demanda y empleo de calor en el sector industrial.

#### **- Socio-culturales, informativas y de concientización**

- Falta de concientización de la sociedad en relación a los impactos del cambio climático y en particular de los generados por los GEI.
- Desconocimiento de la tecnología de cogeneración y sus ventajas competitivas por parte de los potenciales usuarios.
- Incertidumbre o reticencia de los usuarios frente a los cambios por la adopción de sistemas de cogeneración respecto a la práctica convencional.
- Desconocimiento de los beneficios económicos adicionales por la posibilidad de venta del excedente de electricidad cogenerada y de los asociados a los CER, especialmente en el sector de pequeñas y medianas industrias.

#### **- Ambientales**

- Mayor nivel de ruido.
- Mayor consumo de agua y de impacto visual por construcciones edilicias para las tecnologías que requieren de generadores de vapor.

### **10.2. Relaciones causales entre barreras**

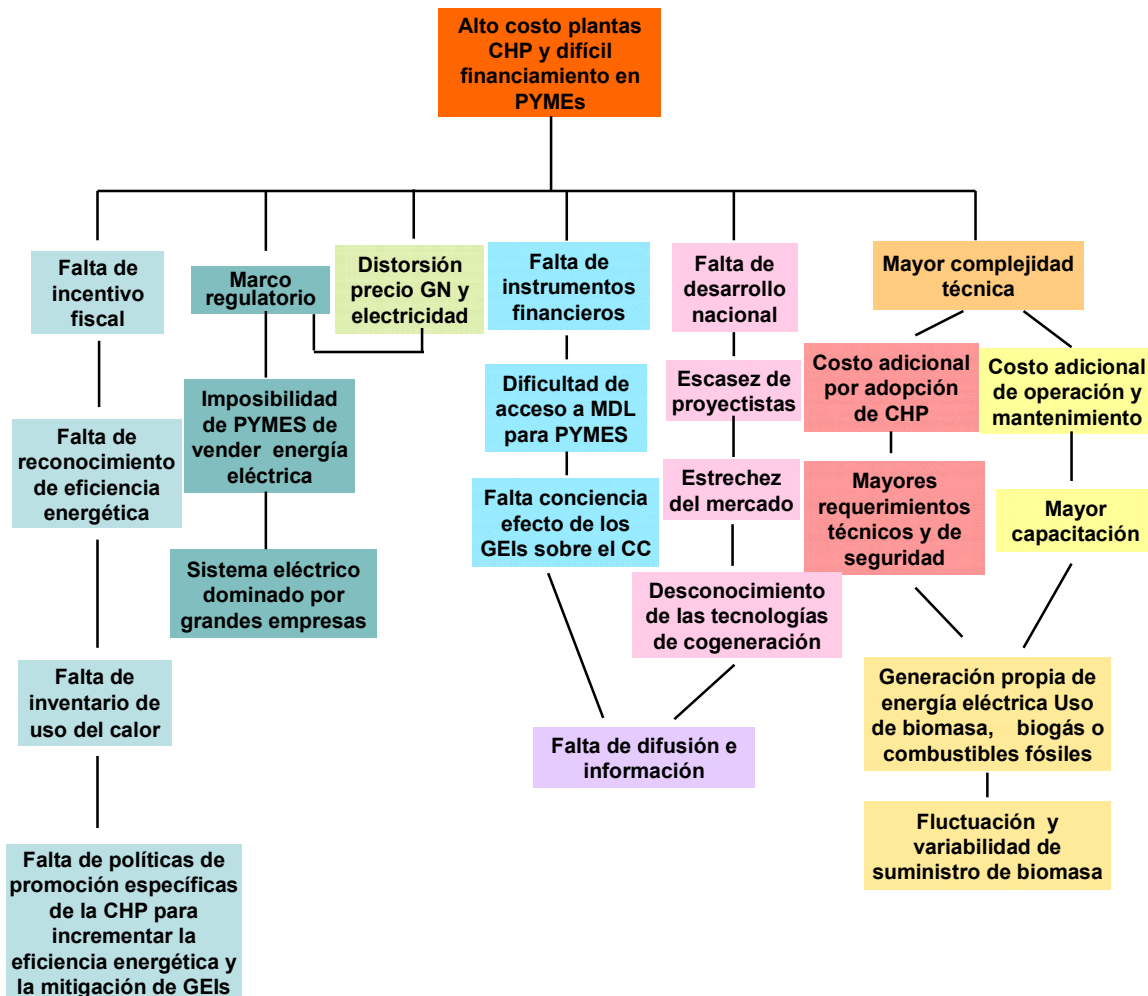
Se aplicó un enfoque basado en el análisis lógico del problema, utilizado con frecuencia en estudios de transferencia y difusión de tecnología (Boldt et al 2012). En la *Figura 2.35.*, se presenta un diagrama árbol con las causas del alto costo de inversión de las tecnologías CHP en términos de las principales barreras analizadas.

A través de este análisis se evidencia como una de las raíces del problema: la falta de políticas específicas de promoción para incrementar la eficiencia energética y su consecuente efecto sobre la mitigación de emisiones GEI. Otra de las raíces del problema detectadas es la ausencia de difusión e información sobre tecnologías CHP, cambio climático y medidas para la mitigación de emisiones.



En la dimensión regulatoria se identificó, como raíz, la existencia de un mercado de energía eléctrica dominado por grandes empresas. Además, los sistemas CHP involucran una mayor complejidad tecnológica, en relación a la práctica convencional, debido a su característica de generar ambos vectores energéticos (calor y electricidad) y a que su funcionamiento al emplear biomasa como combustible (de disponibilidad fluctuante y/o características fisicoquímicas variables) puede requerir su eventual reemplazo por combustibles fósiles.

Figura 2.35. Diagrama de árbol representando las relaciones causales de las principales barreras



### 10.3. Barreras específicas para la implementación de las tecnologías analizadas

- **Motor Diesel**

- **Técnicas:** Esta tecnología no permite generar energía térmica de alta calidad; sólo puede obtenerse vapor de baja presión o agua caliente. Tiene limitada flexibilidad de combustible, únicamente pueden emplearse combustibles fósiles, gas oil y mezclas de éste con gas natural. No se conoce producción nacional de estas máquinas, pero existen empresas representantes

de marcas extranjeras. Requiere un sistema de enfriamiento. Las máquinas deben fundarse sobre plataformas especiales. Necesitan paradas de mantenimiento y sistemas de respaldo.

- **Ambientales:** Debido a que emplean combustibles fósiles (gas oil o mezclas de GN/gas oil), se producen emisiones asociadas al uso de estos combustibles. Asimismo, por tratarse de máquinas alternativas, su funcionamiento produce vibraciones mecánicas y ruidos en el rango de bajas frecuencias, ocasionando incomodidad para el personal que se desempeña en la operación de las mismas o desarrolla tareas en las inmediaciones.

- **Económicas:** Requiere una inversión considerable, aunque ésta es independiente de la escala de generación.

- **Institucionales:** Dificultades para la inserción en el mercado de energía eléctrica. No resulta fácil el acceso a soporte o asesoramiento para la implementación tecnologías particularmente a nivel provincial, municipal o corporativo. Falta de incentivos económico financieros o fiscales para encarar estos proyectos.

- **Sociales:** Requiere personal con mayor capacitación técnica para operación y mantenimiento.

- **Motor Otto**

- **Técnicas:** Baja calidad de la energía térmica proporcionada, similar a los motores Diesel, pero mayor flexibilidad de combustible; pueden emplearse combustibles líquidos y gaseosos. La operación con biomasa requiere una etapa previa de gasificación con el consecuente aumento de costos de inversión y operación. Desarrolla menos potencia que el motor Diesel. Requiere sistema de enfriamiento aunque más sencillos que para el Diesel. Similarmente al Diesel, el motor Otto debe fundarse sobre plataformas especiales. También necesita paradas de mantenimiento y un sistema de respaldo.

- **Ambientales:** Normalmente funcionan empleando combustibles fósiles, donde hay disponibilidad de GN se adopta éste, o pueden emplear naftas, LPG, o biogás, generando emisiones asociadas al empleo de este tipo de combustibles. Si se emplea biomasa, el motor Otto debe instalarse en línea con un gasificador y, en este caso, no se generan emisiones. Al igual que el Diesel, genera alto nivel de ruidos de baja frecuencia y vibraciones mecánicas.

- **Económicas:** Dada su similitud técnica, las barreras económicas son similares a las de los motores Diesel. Si se decide adoptar la opción de emplear biomasa como combustible, ambientalmente favorable, los costos de capital y operativos se incrementan por la etapa previa de gasificación. No se fabrican en el país, pero existen representantes para su importación.

- **Institucionales:** Las barreras institucionales son similares a las analizadas para el caso de los motores Diesel y comunes, por otra parte, a la cogeneración en general en cuanto a la participación en el mercado eléctrico. Una barrera particular de la opción con gasificador es la poca difusión y falta de experiencia en estos procesos, poco frecuentes en el país.

**Sociales:** Al igual que con los motores Diesel, requieren mano de obra con mayor capacitación para operar y monitorear el funcionamiento de las máquinas y de la estación de generación. En la situación actual, la capacitación para la operación del gasificador tendría que ser provista

por los proveedores del equipo. Posibles dificultades para cubrir la demanda de personal capacitado en plantas de cogeneración localizadas lejos de centros urbanos.

- **Turbina de vapor**

- **Técnicas:** Límite inferior de aplicación a partir de 0.5 MW de generación eléctrica. Necesita mucho tiempo para la puesta en marcha y suministra una baja eficiencia en la generación eléctrica. Requiere medidas adicionales de seguridad por emplear vapor de alta presión. El calor está disponible sólo en forma de vapor.

- **Ambientales:** Las emisiones dependen del combustible empleado en la caldera y por consiguiente varían según se emplee carbón mineral, otros combustibles fósiles, líquidos o gaseosos, o biomasa, neutra respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>. De las tecnologías identificadas, es la que produce menor nivel de ruido, sin desmedro que deben tomarse recaudos.

- **Económicas:** Alto costo, notablemente dependiente del factor de escala. Se encarece relativamente cuanto más pequeña es la escala. Se requiera mayor financiamiento para acondicionar el sitio, obra civil y mecánica. Demanda obras civiles de envergadura.

- **Institucionales:** Para este caso en que la cantidad de energía eléctrica puede ser mayor que empleando otras tecnologías, persiste la barrera establecida para plantas menores a 1 MW, imposibilidad de vender el excedente de energía al mercado eléctrico.

- **Sociales:** Se requiere personal con diferentes niveles de capacitación; el grado de capacitación es distinto según la función: los mecánicos encargados del mantenimiento y operación de la turbina requieren alta capacitación, y los operadores de caldera de alta presión una capacitación algo menor. Si no se cuenta con estos recursos humanos en el área local, deben establecerse las condiciones para posibilitar su traslado y afincamiento.

- **Turbina de vapor de ciclo orgánico**

- **Técnicas:** Similares a las de turbina de gas, aunque son aplicables a una escala algo menor entregando una mayor eficiencia eléctrica, si bien sólo pueden producir vapor de baja presión. Requieren un mayor grado de automatización y algún fluido intermediario para el calentamiento del vapor orgánico.

- **Ambientales:** Análogas a las señaladas para la turbina de vapor: emisiones dependientes del combustible empleado en la caldera y similares niveles de ruido. En particular, la turbina de vapor de ciclo orgánico presenta el inconveniente de manejar fluidos potencialmente contaminantes en caso de fugas como es el caso de los hidrocarburos.

- **Económicas:** El costo por kW depende de la escala, como en cualquier tecnología en base a turbina, aunque la pequeña escala se ve más favorecida respecto a la turbina de vapor.

- **Institucionales:** Poca difusión de la tecnología. Falta de asesoramiento y orientación respecto a su aplicabilidad. Persisten las barreras relativas a la inserción en el mercado eléctrico.

- **Sociales:** Análogas a las de las turbinas de vapor. La capacitación debe ser alta, tanto para operar la turbina como para la caldera.

- **Turbina de gas**

- **Técnicas:** Están concebidas para funcionar en altos rangos de generación, mayores a 1 MW, y deben operar a carga completa y en condiciones ambientales favorables. Funcionan empleando distintos combustibles fósiles, líquidos o gas natural. Existen diseños especiales de limitada difusión, que pueden emplear productos líquidos de pirólisis de biomasa. En caso de utilizar combustible gaseoso, requieren un compresor. Requiere paradas de mantenimiento y un sistema de respaldo.

- **Ambientales:** Genera emisiones de CO<sub>2</sub> en el rango de 0.5 a 0.8 tCO<sub>2</sub> por MW producido. Las emisiones son mayores al operar a carga parcial o en condiciones ambientales desfavorables. El nivel de ruido que produce durante su funcionamiento es bastante alto.

- **Económicas:** Los equipos no se fabrican en el país, deben importarse. Si bien el costo por kW se reduce al aumentar la escala, al tratarse de equipos de cierta envergadura demandan una alta inversión inicial. Se reconocen dificultades para la obtención de créditos.

- **Institucionales:** Dada la magnitud de generación de estos equipos, el grado de dificultad para entregar energía a la red impacta fuertemente sobre esta tecnología.

- **Sociales:** Requiere operadores con alta capacitación, especialmente para el mantenimiento y la operación de la turbina. En caso de falta de recursos humanos con este grado de capacitación en la región donde está localizada la planta de cogeneración deberá disponerse su traslado.

- **Turbina de gas con inyección de vapor (ciclo Cheng)**

- **Técnicas:** Se adoptan para generación de gran magnitud, al igual que las turbinas de gas. Debe proveerse vapor para inyectar en la turbina; esto implica que el vapor debe generarse in situ. Las condiciones ambientales y de carga de operación influyen de modo análogo que para las turbinas de gas.

- **Ambientales:** Emisiones comparables a las de las turbina de gas, aunque algo menores dada su mayor eficiencia en la generación eléctrica. Presenta alto nivel de ruido.

- **Económicas:** Son comunes a las de turbinas de gas.

- **Institucionales:** Se repiten las barreras enunciadas en el punto correspondiente a turbinas de gas. En el caso particular de ciclo Cheng, si bien es una tecnología relativamente madura, no está demasiado difundida a nivel local, agravando las dificultades asociadas a su implementación.

- **Sociales:** Coinciden con las señaladas para las turbinas de gas.

- **Turbina de gas de combustión externa**

- **Técnicas:** Requiere de gases de alta entalpía provenientes de una caldera o algún intercambiador de calor. En el caso de emplear biomasa como combustible, es recomendable el empleo de combustores de lecho fluidizado para alcanzar mayor eficiencia y menores emisiones.

- **Ambientales:** Al funcionar empleando una caldera, las emisiones dependen del combustible que se utilice; es un caso análogo, en este aspecto, al de las turbinas de vapor.

- **Económicas:** Son similares a las de turbinas de gas, en cuanto al costo de inversión, sumado a que el generador de calor para llevar a cabo la combustión externa impone una mayor barrera económica para su implementación.

- **Institucionales:** Guardan similitud con las descritas para turbinas de gas.

- **Sociales:** Coincidentes con las de turbina de gas y ciclo Cheng, pero además se requiere personal capacitado para operar la caldera/combustor para generar la energía empleada. La tecnología de turbinas de combustión externa constituye una tecnología actualmente en desarrollo, poco conocida en el medio local.

## 11. RECOMENDACIONES PARA ESTABLECER UN MARCO FACILITADOR

---

Para favorecer la implementación de tecnologías cogeneración (CHP), se sugieren las siguientes acciones:

- a. Modificar el marco regulatorio en vigencia, flexibilizando los aspectos referidos a las escalas de capacidad instalada y generación para operar en el MEM como agente autogenerador.
- b. Establecer tarifas preferenciales para la venta de electricidad generada por CHP, especialmente para los agentes encuadrados en la categoría de autogeneradores y que involucren empresas de pequeña y mediana escala.
- c. Premiar incrementos en la eficiencia energética (electricidad y calor) por aplicación de cogeneración con utilización de biomasa como combustible, a fin de favorecer la sinergia cogeneración-combustibles renovables.
- d. Otorgar beneficios fiscales y/o crediticios a empresas dedicadas a la fabricación nacional de sistemas de CHP o, hasta que esto ocurra, reducciones arancelarias para la importación de sistemas CHP.
- e. Crear líneas de financiamiento específicas y convenientes para facilitar la adopción de plantas de cogeneración, dirigidas a PYMES.
- f. Propiciar el entrenamiento de profesionales y técnicos en cogeneración, en sus diferentes aspectos (tecnológicos, económicos, de gerenciamiento), con alto nivel de especialización mediante su capacitación con referentes internacionales a través del otorgamiento de becas destinadas a este fin.
- g. Adoptar estándares y/o normas internacionales o de países líderes en el desarrollo y empleo de tecnologías de cogeneración, a fin de homologar la calidad de las distintas tecnologías. Crear un comité de expertos en el IRAM para la revisión de estas normativas.
- h. Intensificar la difusión sobre potencialidades y beneficios de CHP, con énfasis en PyMES, mediante proyectos demostrativos de sistemas CHP.
- i. Asesorar a pequeños emprendimientos interesados en adoptar tecnologías de CHP.
- j. Fomentar la participación de ONGs interesadas en cuestiones energéticas y cuidado del medio ambiente para favorecer la concientización de la sociedad en la contribución de la cogeneración a la matriz energética del país y en su aporte a la mitigación del cambio climático.
- k. Incentivar la investigación y el desarrollo enmarcando la CHP en temas prioritarios.
- l. Fortalecer la interrelación entre distintos organismos del estado nacional y de las provincias a fin de favorecer la difusión y la viabilidad técnico-económica para la implementación de sistemas de CHP.
- m. Realizar inventario sobre demanda y calidad del calor empleado en la industria, en colaboración con los usuarios.
- n. Promover proyectos compartidos entre empresas lindantes a fin de favorecer la implementación de sistemas CHP.
- o. Fomentar el empleo de CHP en industrias próximas a comunidades con difícil accesibilidad a la red eléctrica para mejorar la situación energética de estas últimas.
- p. Asegurar la accesibilidad a los combustibles (en caso de emplear combustibles fósiles) empleados en los sistemas CHP.
- q. Propiciar el reemplazo de la práctica difundida de emplear fuego directo en ciertos procesos productivos, generalmente en pequeñas industrias, por energía térmica generada en sistemas CHP.

## 12. INTRODUCCIÓN PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO

---

Se presenta a continuación un Plan de Acción Tecnológico (PAT) que, sobre la base del contenido de la ENT para el sector, plantea un objetivo central, identifica barreras y necesidades y líneas de acción para superarlas. Asimismo, se mencionan otras líneas de acción que incluyen iniciativas actualmente en vigencia o planificadas por distintos organismos, destacadas por su relevancia, contribución o potencial sinergia y articulación con futuras acciones y proyectos derivados de la ENT.

En relación a cada línea de acción se sugieren actividades concretas que contribuyen a operativizar las líneas de acción, estableciendo posibles actores, tiempos y presupuestos estimados. El presupuesto para el total de actividades para el sector se calculó en US\$ 1.742.000 (dólares estadounidenses), en tanto que el Presupuesto total del PAT incluyendo todos los sectores se estimó en US\$ 6.926.000.

El Plan sugiere además actores estratégicos con representación en la cadena de valor y gestión del sector, que deberían involucrarse en las medidas sugeridas. En líneas generales estos sectores corresponden al gubernamental, no gubernamental, incluyendo representantes de los trabajadores, sector privado y académico.

Como beneficiarios directos del conjunto de medidas planteadas se identifican:

1) PyMES de la industria agro-alimentaria y foresto-industria fundamentalmente aquellas especializadas en la industrialización de té y yerba mate; quesos y madera (aserraderos, madera compensada, tableros de partículas) que han sido analizadas en la ENT.

2) PyMES de otros sectores que cumplan con los requisitos detallados en el informe sectorial Energía de la ENT:

- Subsectores con industrias que empleen procesos productivos con requerimientos de energía eléctrica y térmica (criterio excluyente).
- Subsectores que estén conformados por un número considerable de empresas de pequeña y/o mediana escala, y/o requieren de una mejor articulación entre la oferta primaria atomizada, en su mayoría en manos de gran cantidad de pequeños productores, y la demanda concentrada en pocos establecimientos que industrializan las materias primas y con requerimientos simultáneos de calor y energía eléctrica.
- Subsectores que cuenten con disponibilidad o acceso a fuentes de biomasa directas o indirectas.

El enfoque del Plan de Acción es orientativo y plantea una base sobre la cual se debe profundizar para establecer proyectos integrales susceptibles de estructurarse como Acciones Nacionales de Mitigación y Adaptación (NAMAs y NAPAs, por sus siglas en inglés) e ideas proyectos para presentar ante Fondos Internacionales como el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés).

**TABLA 2.28. PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO PARA EL SECTOR DE COGENERACIÓN EN LA INDUSTRIA**

OBJETIVO GENERAL		Promover el desarrollo de tecnologías de cogeneración en sectores industriales				
BARRERAS Y NECESIDADES IDENTIFICADAS		LÍNEAS DE ACCIÓN IDENTIFICADAS EN LA ENT	ACTIVIDADES SUGERIDAS	POSIBLES ACTORES GUBERNAMENTALES	TIEMPO ESTIMADO	PRESUPUESTO ESTIMADO US\$
REGULATORIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de desarrollar instrumentos y políticas específicas para la promoción de la eficiencia energética mediante cogeneración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generar un marco regulatorio para facilitar el acceso a la red eléctrica de unidades de cogeneración en PyMES.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer un grupo interinstitucional de trabajo para desarrollar lineamientos estratégicos sobre el tema.</li> <li>Asistencia técnica para la elaboración del marco regulatorio adecuado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Industria</li> <li>SEPyMEyDR</li> <li>MINCYT</li> <li>Secretaría de Energía.</li> <li>Consejo Federal de Energía</li> </ul>	1 año	24,000
ECÓNOMICAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de instrumentos para promover la participación de PyMes en el mercado de energía y para el desarrollo de tecnología local.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar incentivos fiscales, tarifas diferenciales, créditos u otros instrumentos para facilitar la adopción de plantas de cogeneración, dirigidas a PYMES.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia técnica para el desarrollo de instrumentos adecuados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Industria</li> <li>SEPyMEyDR</li> <li>MINCYT</li> <li>Secretaría de Energía.</li> <li>Consejo Federal de Energía</li> </ul>	9 meses	22,000
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Otorgar beneficios fiscales a empresas dedicadas a la fabricación nacional de sistemas de CHP o reducciones arancelarias para la importación de sistemas CHP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia técnica para el desarrollo de instrumentos adecuados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Industria</li> <li>MINCYT</li> <li>Secretaría de Energía.</li> </ul>	6 meses	16,000
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Subsidiar la ID+D en sistemas enmarcando la CHP en temas prioritarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Convocatoria, elaboración y ejecución de proyectos de ID+D</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Industria</li> <li>MINCYT</li> <li>Secretaría de Energía.</li> <li>SEPyMEyDR</li> </ul>	1,5 años	600,000



DIFUSIÓN, CAPACITACIÓN, ARTICULACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de reforzar la difusión e información sobre tecnologías CHP.</li> <li>Necesidad de fortalecer la capacidad de recursos humanos</li> <li>Fortalecer la cadena de valor incluyendo la gestión y provisión de biomasa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar e implementar campañas de difusión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia técnica para la elaboración e implementación de un plan de difusión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MINCYT</li> <li>INTI</li> </ul>	1 año	480.000
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar programas de formación técnica vinculados a cogeneración destinados a operarios, puestos gerenciales y otros participantes de la cadena de valor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia técnica para la elaboración e implementación de un Programa de capacitación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MINCYT</li> <li>INTI</li> </ul>	1 año	480.000
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Fortalecer la interrelación entre organismos del estado nacional y de las provincias y de actores de la cadena de valor a fin de favorecer la difusión y la viabilidad técnico-económica para la implementación de sistemas de CHP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conformar mesas de trabajo intersectorial e interinstitucional para definir lineamientos y articular acciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Industria</li> <li>MINCYT</li> <li>Secretaría de Energía.</li> <li>Consejo Federal de Energía</li> <li>COFEMA</li> </ul>	1 año	8.000
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Fomentar el empleo de CHP en industrias próximas a comunidades con difícil accesibilidad a la red eléctrica para mejorar la situación energética de estas últimas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia técnica para identificar potenciales proyectos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Industria</li> <li>SEPyME</li> <li>MINCYT</li> <li>Secretaría de Energía.</li> </ul>	6 meses	16.000
TECNOLÓGICAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad asegurar la disponibilidad y calidad técnica de combustibles usados en la cogeneración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar inventario sobre demanda y calidad del calor empleado en la industria, en colaboración con los usuarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia técnica para el desarrollo del inventario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Industria</li> <li>Secretaría de Energía.</li> <li>INTI</li> </ul>	6 meses	30.000
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Actualizar el relevamiento de la disponibilidad, accesibilidad y calidad técnica de los combustibles empleados en los sistemas CHP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia Relevamiento y Análisis del Stock de Biomasa en el país y recomendaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Industria</li> <li>Secretaría de Energía.</li> <li>MINAGRI</li> <li>SEPyMEyDR</li> </ul>	6 meses	30.000

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Homologar la calidad de las distintas tecnologías de cogeneración adoptando estándares y/o normas internacionales de países líderes en tecnologías.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear un comité interinstitucional para el desarrollo de estándares nacionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secretaría de Industria</li> <li>• Secretaría de Energía.</li> <li>• MINCyT</li> <li>• SEPYMEyDR</li> <li>• INTI</li> <li>• INTA</li> </ul>	9 meses.	36.000
--	--	---	---	--	----------	--------

#### OTRAS LINEAS DE ACCIÓN

#### PLANES, PROGRAMAS, PROYECTOS Y MEDIDAS PREVISTOS Y/O EN IMPLEMENTACIÓN

##### 1. Secretaría de Industria. Ministerio de Industria

- **Plan Estratégico Industrial Argentina 2020**

La Secretaría de Industria lanzó el **Plan Estratégico Industrial 2020** que busca mediante acuerdos entre trabajadores, empresarios, universidades y representantes del sector público y privado consolidar el proceso de reindustrialización, mediante la creación de herramientas de financiación específicas a cada sector. El Plan contiene los lineamientos de políticas industriales para los próximos 10 años que contribuirán a lograr el objetivo de duplicar el PBI industrial de la Argentina y las exportaciones MOI. Fue elaborado mediante un debate participativo y federal incluyendo a los sectores productivos que dan cuenta del 80% del PBI industrial y más del 60% del empleo industrial (sectores Alimentos; Calzado, Textiles y Confecciones; Madera, Papel y Muebles; Material de Construcción; Bienes de capital; Maquinaria Agrícola; Autos y autopartes; Medicamentos; Software y Productos Químicos y Petroquímicos)

##### 2. Secretaria de la Pequeña y Mediana Empresa y Desarrollo Regional (SEPYMEyDR). Ministerio de Industria

- **Programa de Acceso al Crédito y Competitividad para Pymes (PACC)**

Está orientado a que las PYMES puedan recibir ayuda estatal para cumplir los objetivos de incrementar su productividad comercial, mejorar la competitividad, mediante innovación tecnológica, certificación de calidad, desarrollo de procesos operativos, diseño de máquinas, o de otras herramientas que contribuyan a mejorar la elegibilidad de la empresa para acceder a créditos, como así también a tecnologías limpias.

- **Programa Sistemas Productivos Locales**

Su objetivo es brindar asistencia técnica y económica a Grupos Asociativos, conformados por cinco o más micro, pequeñas y medianas empresas del mismo sector productivo o cadena de valor, para implementar, desarrollar y/o fortalecer proyectos productivos.

- **Programa Parques Industriales del Bicentenario**

Contempla el financiamiento de obras de infraestructura de los parques industriales públicos y fomenta la radicación en ellos de pequeñas y medianas empresas, mediante la bonificación parcial

de la tasa nominal anual que establezcan las entidades financieras por el otorgamiento de préstamos

### **3. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAYDS). Jefatura de Gabinete de Ministros**

- **Programa Nacional de Reconversión Industrial (PNRI)**

Promueve la mejora del desempeño ambiental de industrias con alto impacto sobre el medio ambiente, tales como papeleras, azucareras, citricolas, entre otras.

### **4. Secretaria de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios**

- **Programa FOPPEN**

En el marco de los proyectos de pre inversión para proyectos energéticos FOPPEN realiza estudios relativos a la cogeneración, que permiten comprender concretamente el potencial ofrecido respecto del abastecimiento de electricidad actualmente realizada con turbina a gas natural de ciclo combinado. Además realiza estudios sobre el potencial existente en materia de recursos renovables, en particular biomasa (residuos forestoindustriales y aprovechamiento de rellenos sanitarios), los recursos eólico y solar.

- **GENREN: Programa de Generación Eléctrica a partir Fuentes Renovables**

La empresa estatal ENARSA (Energía Argentina S.A.) licita la compra de energía renovable por un total de 1.015 MW en el marco de la Ley Nacional N° 26.190. Los contratos tienen una duración de 15 años y la adjudicación es en módulos de hasta 50 MW.

- **Proyecto Eficiencia Energética en el marco del Decreto 140/2007 (PRONUREE). Desarrollada conjuntamente con la Unión Industrial Argentina.**

Implementa un programa extensivo en el sector industrial e incentivos para propiciar diagnósticos energéticos con una donación del GEF para el estudio de costos de las barreras para la eficiencia energética. se Inició una experiencia piloto con 25 empresas que se extenderá a 300 empresas PYME's, pertenecientes a distintos sectores y regiones del país con la realización de diagnósticos de desempeño energético, que permitan la formulación de proyectos concretos de eficiencia energética que se puedan materializar tanto desde el punto de vista técnico como financiero.

- **PROBIOMASA**

Tiene como objetivo incrementar la producción de energía derivada de biomasa a nivel local, provincial y nacional para asegurar a la sociedad un creciente suministro de energía renovable, limpia, confiable y competitiva mientras se abren nuevas oportunidades para el desarrollo del sector agropecuario, forestal y agroindustrial del país. Cuenta con tres líneas de acción relacionadas con el fortalecimiento institucional, el desarrollo de estrategias provinciales para el establecimiento de emprendimientos bioenergéticos y la realización de campañas de comunicación, sensibilización, extensión y diseminación de información para decisores.

### **5. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca**

- **Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal 2010-2016 (PEA2).**

Es el producto final de un proceso participativo que impulsado por el Estado que convoca a todos los actores del Sector Agroalimentario y Agroindustrial Argentino. Siguiendo una metodología predefinida y en ámbitos especialmente diseñados al efecto, se busca desarrollar una visión para el futuro agroalimentario y agroindustrial definiendo la misión, ejes estratégicos y objetivos fundamentales considerando escenarios futuros más probables (amenazas y oportunidades), identificando fortalezas y debilidades, elaborando políticas, programas y acciones destinados a transformar la situación actual.

- **Programa Nacional de Biocombustibles**

Sus objetivos son promover mediante inversiones privadas, públicas y/o mixtas la producción sostenible de biocombustibles, enfatizando la utilización de biodiesel a partir de aceites vegetales o grasas animales y del bioetanol a partir de la producción de caña de azúcar, maíz y sorgo. Asimismo incluye el apoyo y asesoramiento a distintos sectores rurales para la puesta en marcha de plantas de elaboración y colaborar y apoyar a instituciones, organizaciones y entidades de bien público dedicadas a la investigación y difusión en el uso del biocombustible.

#### IDEA DE PROYECTO DE LA ENT

- Se propone la construcción de una planta de cogeneración de energía eléctrica y calor de 3 MW, en base a turbina de vapor con combustión de biomasa en un aserradero de la provincia de Misiones.
- Se suministrará calor para el proceso industrial (secado de madera) y, en forma adicional, se generará energía eléctrica para su propio funcionamiento y venta del excedente de electricidad a la red.
- Se espera que una reducción de emisiones de 15.300 tCO<sub>2</sub> al año, un desplazamiento de energía eléctrica de la red de 0.8 MW y 2.2 MW de energía eléctrica excedente. (Ver siguiente Sección IV. Idea de Proyecto)

#### ACTORES ESTRATÉGICOS Y POSIBLES SINERGIAS

**1) ACTORES DEL ÁMBITO GUBERNAMENTAL:** de acuerdo a antecedentes y líneas de acción existentes en el sector Gubernamental se identifican los siguientes actores para establecer posibles sinergias para el desarrollo de medidas planteadas.

- **Secretaría de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios:** cuenta en su estructura con la Dirección Nacional de Promoción (DNP) de la Subsecretaría de Energía Eléctrica (SSEE), que tiene como funciones colaborar en la programación y ejecución de actividades vinculadas con el uso racional de la energía, la diseminación de nuevas fuentes de energía renovable, el desarrollo de proyectos demostrativos de nuevas tecnologías y la incorporación de oferta hidroeléctrica. La SSEE ha promovido la iniciativa que establece, como meta para el año 2016, que el 8% del consumo de electricidad nacional deberá ser abastecido con energías renovables, incluyendo a todas las fuentes alternativas y sólo limitando a las hidroeléctricas hasta 30MW.
- **Secretaría de Industria. Ministerio de Industria:** entre los objetivos de esta secretaría se encuentra el de analizar la problemática de los diferentes sectores industriales, detectando las necesidades de asistencia financiera y tecnológica, entre otras. En su estructura cuenta con una Unidad de Medioambiente que lleva adelante tareas de asistencia técnica, asesoramiento y diseño de políticas. La Unidad actualmente trabaja activamente con el sector maderero a través de los Foros de competitividad del Plan Estratégico Industrial 2020. Se desarrollan actividades de sensibilización en parques industriales a través del Programa Nacional de Parques Industriales en el Bicentenario.
- **Secretaría de la PyME y el Desarrollo Regional. Ministerio de Industria:** brinda soluciones a los problemas de las pymes con el desarrollo de programas eficientes, de simple implementación, que las ayuden a superar obstáculos y consolidarse, a través de la capacitación, la realización de diagnósticos y la implementación de planes de acción para mejorar la gestión y la competitividad.
- **Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca:** es el organismo gubernamental responsable de la determinación de los objetivos y las políticas del área y ejecutando los planes, programas y proyectos respectivos, conforme a las directivas del Poder Ejecutivo Nacional. Cuenta en su estructura con la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca que entre otros objetivos 1) elabora y ejecuta planes, programas y políticas de producción, comercialización, tecnología, calidad y sanidad en materia agropecuaria, pesquera, forestal, agroindustrial y agroenergética, coordinando y

conciliando los intereses del Gobierno Nacional, las provincias y los diferentes subsectores y 2) promueve la utilización y conservación de los agroecosistemas y recursos naturales destinados a la producción agrícola, frutihortícola, ganadera, forestal y pesquera a fin de acrecentar el capital productivo del país y el desarrollo económico del sector, incluyendo la diferenciación y el valor agregado en origen.

- **Instituto Nacional de tecnología Industrial (INTI):** depende formalmente del Ministerio de Industria de la Nación. Cuenta con áreas de medio ambiente y energía que tienen por objetivo desarrollar, implantar y brindar apoyo técnico dirigido al uso eficiente y racional de distintas formas de energía aplicables a los procesos productivos, al transporte y a los sectores residencial, comercial y público.
  - **Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA):** cuenta con un Programa de Bioenergía cuyo objetivo es asegurar el suministro de fuentes y servicios sostenibles, equitativos y asequibles de bioenergía, en apoyo al desarrollo sostenible, la seguridad energética nacional, la reducción de la pobreza, la atenuación del cambio climático y el equilibrio medioambiental en todo el territorio argentino. Las acciones se desarrollan mediante una cartera de proyectos propia, otros proyectos internacionales y la participación en diversas redes de cooperación técnica. Cuenta con sedes regionales y centros experimentales en todo el país.
  - **Consejo Federal de Energía (CFE):** es administrador y asesor en temas relacionados con la política nacional del sector eléctrico y por su carácter de organismo federal está constituido por el Sr. Secretario de Energía, un representante de la Secretaría de Energía (Presidente de su Comité Ejecutivo) y dos representantes por cada una de las Provincias Argentinas.
- 2) **ACTORES DEL SECTOR ACADÉMICO:** a nivel local las universidades nacionales, presentes en las diversas regiones del país cuentan con grupos y centros de investigación especializados en energía que podrían brindar apoyo técnico a los diversos proyectos.
- 3) **ACTORES DEL SECTOR NO GUBERNAMENTAL:** La Unión Industrial Argentina (UIA), Cámaras, Federaciones y Cooperativas nucleadas en torno a diversos sectores específicos podrían contribuir a implementar proyectos de tecnologías de cogeneración concretamente podrían apoyar fomentando el acceso a la información y capacitación. Por su representatividad a nivel nacional y local serían socios estratégicos.
- 4) **REPRESENTANTES DE TRABAJADORES:** sindicatos de los sectores industrial, agrícola-ganadero y otros relacionados serán actores claves para asegurar los cambios estratégicos propuestos, fundamentalmente en lo referente a la concientización y capacitación de actores de la cadena de valor.

#### OTROS ACTORES

- **Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA):** Empresa de gestión privada con propósito público cuyas funciones principales comprenden la coordinación de las operaciones de despacho, la responsabilidad por el establecimiento de los precios mayoristas y la administración de las transacciones económicas que se realizan a través del Sistema Interconectado Nacional (SIN).
- **Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE):** El ENRE es un organismo autárquico encargado de regular la actividad eléctrica y de controlar que las empresas del sector (generadoras, transportistas y distribuidoras Edenor, Edesur y Edelap) cumplan con las obligaciones establecidas en el Marco Regulatorio y en los Contratos de Concesión.
- **Energía Argentina Sociedad Anónima (ENARSA):** El objeto de la empresa es la exploración y explotación de hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos, transporte, almacenaje, distribución, comercialización e industrialización de estos productos y sus derivados, así como de la prestación del servicio público de transporte y distribución de gas natural, a cuyo efecto podrá elaborarlos, procesarlos, refinarlos, comprarlos. Asimismo, podrá generar, transportar, distribuir y comercializar energía eléctrica y realizar actividades de comercio vinculadas con bienes energéticos.

### 13. PLANTA DE COGENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y CALOR DE 3 MW

El proyecto consiste en la construcción de una planta de cogeneración de energía eléctrica y calor de 3 MW, en base a turbina de vapor con combustión de biomasa, a instalarse en la provincia en un aserradero de la provincia de Misiones. La disponibilidad de biomasa está asegurada. El proyecto conducirá a un beneficio económico debido a que producirá un desplazamiento de energía eléctrica de la red. Las ventajas respecto al cuidado del medio ambiente son reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero, asociadas al desplazamiento de emisiones de la red, y de metano generado por la descomposición anaeróbica de los residuos acumulados que se usarán como combustible.

Se determinó proyectar la planta con una capacidad de 3 MW debido a las condiciones que rigen actualmente para el despacho de energía eléctrica al MEM de 1 MW como mínimo. El análisis de rentabilidad del proyecto se llevó a cabo contabilizando sólo la energía vendida a la red; la industria se beneficiará por disponer de energía eléctrica para su funcionamiento a precio de costo.

#### 13.1. Objetivos

Actualmente la empresa compra energía eléctrica de la red y utiliza una caldera de vapor para entregar calor al proceso industrial. El objetivo es implementar un proyecto de cogeneración que permita suministrar calor al aserradero para el proceso industrial (secado de madera) y, en forma adicional, generar energía eléctrica para su propio funcionamiento vendiendo el excedente de electricidad a la red.

#### 13.2. Resultados Esperados

Se espera que este proyecto conduzca a una reducción de emisiones de 15300 tCO<sub>2</sub> al año, un desplazamiento de energía eléctrica de la red de 0.8 MW y 2.2 MW de energía eléctrica excedente.

#### 13.3. Relación del proyecto con las prioridades de desarrollo sustentable del país

Este proyecto puede insertarse en el marco de diversas acciones y programas en el sector de las energías renovables y la eficiencia energética como el GENREN: Programa de Generación Eléctrica a partir Fuentes Renovables: mediante el cual la empresa estatal ENARSA (Energía Argentina S.A.) licita la compra de energía renovable por un total de 1.015 MW. Los contratos tienen una duración de 15 años y la adjudicación es en módulos de hasta 50 MW. Asimismo debido a su localización podría enmarcarse en el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER) y en el I Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE) que impulsa la Secretaría de Energía de la Nación

La ley 26.190 de Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica declara de interés nacional la generación de energía eléctrica en base a fuentes renovables con destino a la prestación del servicio público y

establece una meta a alcanzar del 8% en la participación de las energías renovables en el consumo eléctrico nacional para el año 2016.

#### 13.4. Bienes, servicios y/o beneficios obtenidos de la implementación del proyecto. Justificación de la necesidad

El proyecto es necesario para la coyuntura energética ya que contribuirá a incrementar la producción de energía eléctrica en la región reduciendo las emisiones de GEIs. Por otra parte, impulsará el desarrollo regional y favorecerá la generación de empleo. La industria emplea energía para su funcionamiento a precio de costo.

#### 13.5. Alcance del proyecto y posible implementación

La planta de cogeneración en base a turbina de vapor utilizará residuos biomásicos industriales (aserrín) y forestales para un aserradero localizado en la provincia de Misiones. Se requiere montar una caldera de vapor de alta presión (alrededor de 20 bar) con sus correspondientes sistemas de tratamiento de agua y acondicionamiento y almacenamiento de combustible, la turbina de vapor acoplada a un generador eléctrico y una subestación para conectarse a la red. Esta idea proyecto se concibe desvinculada de otros proyectos. Su factibilidad dependerá de las condiciones de financiamiento que puedan obtenerse.

#### 13.6. Actividades del proyecto y cronograma

A continuación se presenta un cronograma que describe las etapas de desarrollo del proyecto.

**Tabla 2.29. Cronograma de un proyecto de cogeneración basado en turbina de vapor**

Actividad	Primer Año				Segundo Año			
Preparación e ingeniería proyecto	■	■	■	■				
Trámite generador MEM	■	■						
Gestión Interconexión			■	■				
Habilitación municipal / provincial		■	■	■				
Compra de Equipos e Instalaciones			■	■				
Evaluación de impacto ambiental			■	■				
Financiamiento				■	■	■		
Obras Civiles					■	■	■	■
Montaje					■	■	■	■
Interconexión eléctrica					■	■	■	
Habilitación y puesta en marcha								■

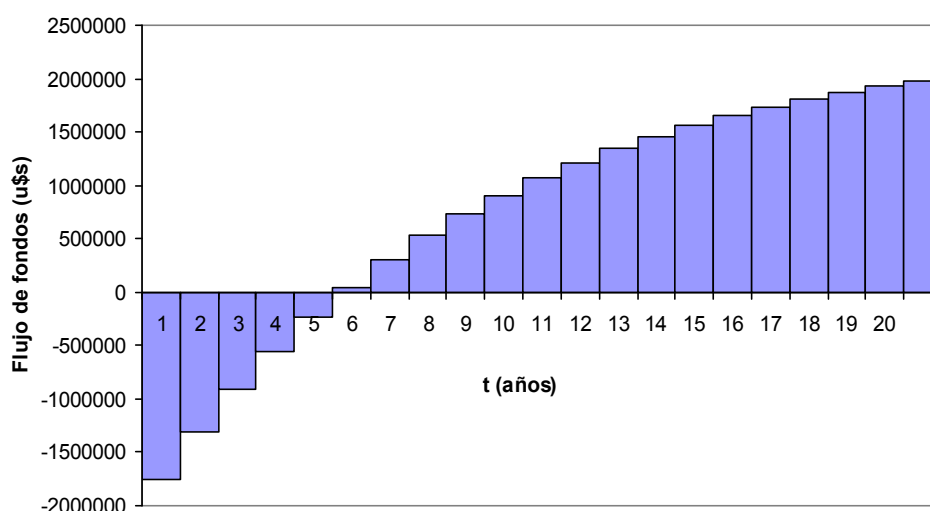
Fuente: Elaboración Propia

### 13.7. Presupuesto

Para el montaje y construcción de la planta de cogeneración de una capacidad de 3 MW usando la biomasa disponible en el establecimiento industrial, preferentemente residuos del aserradero, se estima que el monto de la inversión será de 1.75 MMU\$. El aserradero consume para su funcionamiento 0.8 MW de los 3 MW generados. El cálculo del Valor Actual Neto (VAN) para este proyecto se realiza en base al excedente que se vende a la red. Se considera que el precio de venta de la energía generada es de 55 U\$/MW y los costos se estiman en 20 u\$/MW. Aplicando una tasa interna de retorno del 12% y un período de vida de 20 años, la inversión se recupera a los 6 años y se obtiene una rentabilidad mayor que el capital invertido a los 17 años.

La rentabilidad final dependerá de las condiciones de financiamiento que se obtengan para realizar la inversión.

**Figura 2.36. Flujo de fondos proyecto cogeneración**



Fuente: Elaboración Propia

### 13.8. Evaluación de desempeño

La planta comenzará a operar en 2 años con los beneficios de generación de energía eléctrica y reducción de emisiones descriptos en el proyecto.

### 13.9. Desafíos y posibles complicaciones

El principal desafío es lograr un financiamiento apropiado para el proyecto ya que las empresas pequeñas-medianas no pueden contar con los montos requeridos para su implementación; se tendría que recurrir a créditos bancarios o a alguna eventual línea de promoción en el marco de acciones impulsadas por Gobierno Nacional.

Otro aspecto fundamental es lograr la interconexión de esta planta a la red nacional. Si esto no se concretara, el proyecto fracasaría económicamente y en el cumplimiento de sus objetivos



de desplazar energía eléctrica de la red por otra cogenerada a partir de una fuente renovable con el beneficio de reducir emisiones de GEIs

### **13.10. Responsabilidades y Coordinación**

El propietario de la empresa podrá recurrir a un consultor y/o a una empresa de ingeniería, quienes tendrán la responsabilidad de coordinar las etapas de realización del proyecto.

## REPORTE II

### SECTOR TRANSPORTE

*Tecnologías para mejorar la  
Transferencia Modal en el Transporte de Carga de  
Productos Agrícolas*

## 1. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR

El sector transporte se compone de diversos segmentos. La división que se realice del mismo varía según se trate de transporte pasajeros o cargas, y por dónde se transporta: en una escala de flujo urbana, interurbana e internacional, dado que lo que se busca es satisfacer las necesidades de transportarse de estos rubros mediante la diversidad de especificidades técnicas que se apoyan en las grandes tecnologías de hoy en día. Si bien puede considerarse como un conjunto como tal, recientemente se ha dado un fenómeno de especialización, en algún medio de transporte específico o en un sector en especial, con lo que se ha perdido el sentido de unidad que tienen en esencia. En la actualidad, el sector transporte cuenta con nuevas tecnologías que se ajustan a esta nueva realidad.

Tabla 3.1. Segmentos del sector transporte

		ESCALA DE LOS FLUJOS DE TRANSPORTE		
		URBANA	INTERURBANA	INTERNACIONAL
TIPO DE DEMANDA	PASAJEROS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Colectivos</li> <li>▶ Ferrocarriles</li> <li>▶ Subterráneos</li> <li>▶ Automóviles particulares</li> <li>▶ Taxis, Remises</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Omnibus</li> <li>▶ Transporte aéreo</li> <li>▶ Automóviles</li> <li>▶ Ferrocarriles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Omnibus</li> <li>▶ Navegación fluvial y marítima</li> <li>▶ Transporte aéreo</li> <li>▶ Automóviles</li> </ul>
	CARGAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Camiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Camiones</li> <li>▶ Ferrocarriles</li> <li>▶ Navegación fluvial y marítima</li> <li>▶ Tuberías</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Navegación fluvial y marítima</li> <li>▶ Transporte aéreo</li> <li>▶ Camiones</li> <li>▶ Ferrocarriles</li> <li>▶ Tuberías</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

En los últimos tiempos las demandas con respecto a la unidad del sector transporte han ido cambiando, los flujos de transporte suelen consolidar sus movimientos en algunos tramos, conformando corredores, los cuales en la medida que favorecen el desarrollo económico y social de las áreas que recorren, pueden convertirse en ejes de integración y desarrollo, estrategia fundamental para consolidar la organización de la actividad económica en un espacio territorial. La articulación de los corredores se materializa a través de los nodos, los cuales constituyen los verdaderos centros de distribución para el transporte multimodal.

En las últimas décadas el análisis de la infraestructura de transporte para cargas, se basó en una visión sistémica e integral, en la cual, la "logística" es la actividad clave que armoniza todo el proceso, el cual incluye el transporte de los bienes desde su origen hasta su destino final, su almacenamiento y distribución (incluyendo, en varios casos, el manejo de la documentación requerida) en tiempo y forma ("Just in time").

Este nuevo concepto introdujo importantes cambios en el transporte de cargas, dado que lo que se busca hoy día ya no es minimizar los costos de transporte, sino los costos logísticos, es decir, la optimización del movimiento completo de los productos.

El sector del transporte tiene una gran responsabilidad en la lucha contra el cambio climático, ya que actualmente, a pesar de todos los avances tecnológicos, es uno de los principales sectores responsables de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Por tal motivo los sistemas de transporte actuales deben repensarse hacia la promoción de aquellas tecnologías que fomenten el uso del modo más eficiente. Sin embargo, la lucha contra el cambio climático y el logro del desarrollo sustentable, requieren algo más que reducir las emisiones en el sector del transporte, y esta es la de poder avanzar hacia una movilidad sostenible, cuestión clave para las sociedades modernas.

El transporte posee efectos de gran alcance en el desarrollo económico, social y en el medio ambiente, con lo cual el reto de lograr un transporte sustentable para los próximos años todavía es una tarea pendiente.

En América Latina y el Caribe, la presencia del ferrocarril tuvo un rol muy importante en la expansión y consolidación del territorio, y en el crecimiento poblacional contribuyendo significativamente al desarrollo económico.

## 2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR A NIVEL MUNDIAL Y PERSPECTIVAS

---



### 2.1. La contribución del transporte al cambio climático a nivel mundial

El sector transporte a nivel global es responsable del 14% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero y del 23% de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de los combustibles. Esto incluye el transporte de pasajeros y cargas por todos los modos, en sus diversos ámbitos urbano, interurbano, internacional.

A nivel mundial, las mayores emisiones se generan en el transporte carretero (urbano y no urbano) y en el transporte aéreo. En los países en desarrollo se concentran en el transporte carretero.

El transporte es uno de los sectores de mayor crecimiento de emisiones, sobre todo en los países en desarrollo, por la incorporación de vehículos, ya que en 2030 contarán con más de la mitad de los vehículos del mundo. En las últimas tres décadas las emisiones de CO<sub>2</sub> originadas en el transporte crecieron más que las de cualquier otro sector.

Entre 1990 y 2004 las emisiones del transporte carretero crecieron un 29 % en los países desarrollados y un 61 % en los países en desarrollo (IEA 2006).

Los determinantes fueron:

- En pasajeros: la motorización de la sociedad (autos y motos), la tendencias al transporte individual,
- En cargas: la modificación de la organización productiva y las reglas del comercio, las mismas mejoras en el sector (ejemplo: contenedores, buques y terminales)

### 2.2. El paradigma emergente de transporte sustentable

El nuevo paradigma de transporte sustentable se enmarca dentro de una estrategia nacional de transporte sostenible y baja en carbono, la cual tiene como objetivo central la promoción de la eficiencia energética y la limitación de crecimiento en las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero). Esta estrategia de bajo carbono para el sector transporte se basa en el enfoque Evitar-Cambiar- Mejorar (ECM), o por sus siglas en inglés (ASI) (Avoid, Shift, Improve).

En primer lugar, este enfoque presenta la necesidad de Evitar los viajes innecesarios, reduciendo la necesidad de trasladarse, o reduciendo las distancias en caso de que sea imprescindible hacerlo. El refuerzo de la integración de la planificación del transporte con la del uso del suelo y la promoción de la producción y el consumo local son centrales en este sentido. Asimismo, el fortalecimiento de las centralidades urbanas resultante de la mejora en la conectividad que traerá aparejada la rehabilitación del ferrocarril contribuirá a una menor necesidad de desplazamiento por parte de la población.

En segundo lugar los esfuerzos se orientan hacia el Cambio hacia modos más amigables con el medio ambiente. El aumento de la participación del transporte ferroviario representa una

medida central para la reducción de la intensidad de carbono de los productos transportados. El mejoramiento de la intermodalidad es también un aspecto a fortalecer en el proyecto, mejorando la transferencia de cargas en las terminales portuarias, así como la combinación de transporte automotor-ferroviario-fluvial.

En tercer lugar se apunta a Mejorar la eficiencia del transporte, tanto público como privado. Esto implica, básicamente, el avance en la eficiencia energética de los vehículos. Este cambio se podrá producir a partir la de introducción de mejoras tecnológicas en los parques de material rodante, así como la adopción de buenas prácticas por parte de los operadores.

Una estrategia de transporte sustentable debe involucrar la mitigación al Cambio Climático (CC), a través de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, así como también la reducción de vulnerabilidades y adaptación al cambio climático. Debe aplicarse al transporte urbano y al de larga distancia, tanto de pasajeros como de cargas

La meta al año 2050 es de lograr que el transporte logre reducir las emisiones globales de CO<sub>2</sub> en un 50%.

### **2.3. Las prescripciones generales para la movilidad sustentable**

Los mensajes claves del Foro Regional de Transporte Sostenible para América Latina (FTS), organizado por el Centro de las Naciones Unidas para el Desarrollo Regional UNCRD, el Banco Interamericano de Desarrollo BID y el Ministerio de Transporte de Colombia, realizado en Bogotá en Junio de 2011, reconocen principalmente que:

- El transporte es vital para dar adecuado soporte a la rápida dinámica desarrollo económico y social de América Latina, pero los patrones actuales y tendencias no son sostenibles. Hay concentración de la oferta y demanda de servicios de transporte de carga por carretera: más del 80% de las toneladas se transportan por camión; hay menos de 10 km de vía férrea por cada 100 km de carretera; y el transporte fluvial, lacustre y el cabotaje tienen muy poca importancia.
- La concentración en transporte en vehículos individuales de combustión interna trae graves consecuencias negativas en congestión, contaminación, salud, consumo energético y emisiones de gases efecto de invernadero. Se estiman pérdidas sociales de más del 10% del PIB en externalidades del transporte. Se estima que si no se bajan los índices actuales, la región puede tener del orden de 62,000 muertes al año por siniestros de tráfico en el 2020, más de cinco veces la tasa de Europa Occidental. En cuanto emisiones de GEI, la región puede pasar de contribuir menos de 5% al total global, al doble en los próximos 20 años, agravando el inevitable cambio climático – que de por sí genera graves efectos en la infraestructura de transporte, por deslizamientos e inundaciones resultado de lluvias extremas.
- Es posible enfrentar el reto y cambiar la trayectoria de desarrollo del transporte con los recursos actuales dedicados al transporte. Se requiere consolidación de las políticas y buenas prácticas existentes, actualmente realizadas de manera aislada. Las medidas requieren acompañamiento de acciones transversales, entre las cuales se destaca la mejora de la información, de la capacidad institucional y del financiamiento.

- El transporte está altamente relacionado al crecimiento económico y está en el centro del desarrollo humano, sin embargo genera también externalidades negativas que tienen múltiples impactos económicos, sociales, y ambientales que no son sostenibles. En los últimos años se han propuesto numerosas acciones para reducir las emisiones, en algunas ocasiones en forma aislada y en otras como tipologías integrales.
- Ha habido una marcada tendencia por centrarse en el transporte urbano de pasajeros, con énfasis en la modernización y la incorporación nuevas tecnología en el transporte público, y la promoción del transporte no-motorizado

Para lograr un acuerdo climático efectivo y proveer un incentivo hacia el desarrollo sostenible, el transporte deberá ser considerado como parte de la solución, y no solo del problema. Para ello deberán ser desarrollados varios instrumentos que demuestren su potencial contribución al transporte. Los mecanismos de financiamiento como el MDL, (Mecanismos de Desarrollo Limpio), NAMAs (Nationally Appropriate Mitigation Actions) o fondos provenientes de diversas agencias de cooperación internacional que promueven el logro de beneficios medioambientales, tales como el Global Environment Facility (GEF), el Climate Investment Fund (CIF), el Clean Development Mechanism (CDM) y el Clean Technology Fund (CTF), permitirán mejorar la significancia sobre el control de GEI y promover el salto necesario hacia el transporte sostenible como vehículo de la inclusión social en los países menos desarrollados. Si bien estos no podrán reemplazar el financiamiento domestico en los países en desarrollo, sí podrían funcionar como catalizadores de la comprensión de una transformación a largo plazo de los sistemas de transporte.

#### **2.4. La experiencia mundial en la partición modal en el transporte de cargas**

La tendencia en el mundo también ha sido en gran parte hacia la prevalencia del camión. En América Latina es cercana al 85% y alrededor del 75% en los países en desarrollo. En otros países de la Región la actividad ferroviaria creció más que en Argentina, concentrada en el transporte de cargas masivas: minerales, carbón y granos

**Tabla 3.2. América del Sur- Principales Sistemas. Tráfico ferroviario de cargas. 1999-2008**  
(En miles de toneladas y millones de toneladas-km)<sup>10</sup>

País	1999		2008		Variación Ton-km 2008/1999	Distancia Media 2008 (km)
	Toneladas <i>Miles</i>	Ton-km <i>Miles</i>	Toneladas <i>Miles</i>	Ton-km <i>Miles</i>		
<b>Argentina</b>	17.488	9.102	23.619	12.025	<b>+32%</b>	509
<b>Bolivia</b>	1.572	829	1.831	1.021	<b>+23%</b>	558
<b>Brasil</b>	305.100	162.300	459.700	267.700	<b>+65%</b>	582
<b>Chile</b>	4.810	1.032	10.804	1.967	<b>+91%</b>	182
<b>Colombia</b>	5.869	1.434	25.537	4.869	<b>+240%</b>	191
<b>México</b>	77.062	54.109	99.845	77.170	<b>+43%</b>	773
<b>Perú</b>	1.963	546	3.179	659	<b>+21%</b>	207
<b>Uruguay</b>	1.321	239	1.393	304	<b>+27%</b>	218

**Fuente:** Kohon Jorge, “Más y Mejores Trenes: Cambiando la Matriz de Transporte en América Latina y el Caribe, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2011.

En la *Tabla 3.2* se aprecia que mientras que, en Argentina, entre 1999 y 2008, la carga ferroviaria creció un 32%, en Brasil el incremento fue de 65%, en México de 43%, en Chile de 91% y en Colombia de 240%, siendo los minerales y el carbón los grandes impulsores. La participación del ferrocarril en Brasil y en México. es del orden del 25% En la Unión Europea de 19%, en Canadá de 64%, en EEUU y en Australia de 53%. En Brasil el porcentaje de productos agrícolas transportados por camión es de 67 %, el 28 % por ferrocarril y el 5 % por transporte fluvial. En Estados Unidos de 55%, del total de granos que se mueve en barcazas, el 38 % es por ferrocarril y sólo el 7 % por camión.

Los estándares de nuestros ferrocarriles son relativamente débiles: pesos por eje de 20 ton., que en México y Brasil superan las 30 ton, Vagones cargando hasta 55 ton, la mitad que en México o Brasil, trenes de hasta 4.000 ton netas en Argentina, que llegan a 6.000 ton en Colombia y a 10.000 ton en México.

<sup>10</sup> El índice de toneladas x kilómetro incluye, en su evaluación, la distancia recorrida por los productos transportados, de modo que resulta un parámetro representativo, no sólo de cuánto se cargó y transportó, sino también de cuánta distancia recorrió esa misma carga. De ese modo se consigue englobar, en un sólo índice, valores orientativos del uso de la red en operación. El procedimiento de cálculo evalúa para cada tipo de producto cuánto ha sido la distancia recorrida (entre puntos de origen y destino). La multiplicación de las toneladas cargadas del producto en cuestión por la distancia recorrida



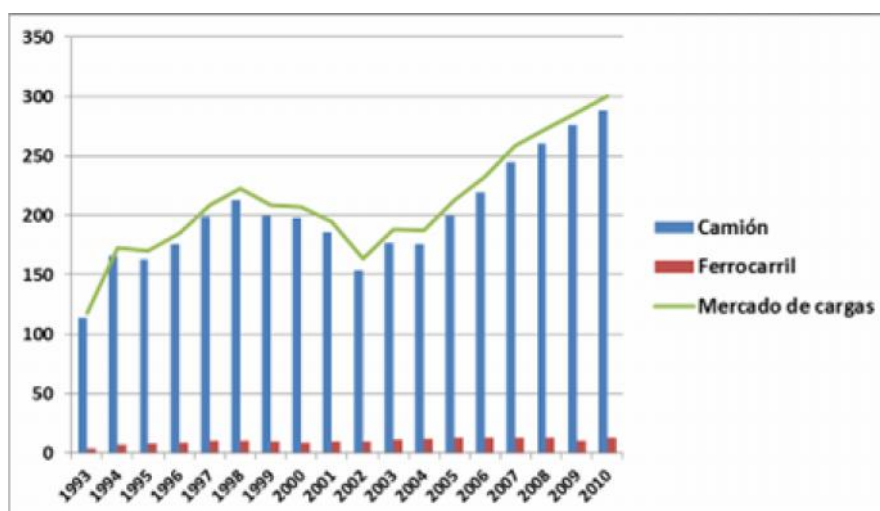
### 3. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR A NIVEL NACIONAL

#### 3.1. La partición modal en Argentina: una matriz modal de cargas volcada fuertemente al transporte carretero.

En Argentina, la partición modal actual en el transporte de cargas, expresada en toneladas kilómetro (tn-km), es menor a 5%, sin considerar al transporte propio. En 2010 su estimación fue de 4,2%, medida en ton-km y de aproximadamente 4% en toneladas.

En el *Figura 3.1.* puede observarse como se acentuó la preeminencia del camión en los últimos años, comparada con la disminución del ferrocarril, cuya participación en 1998 fue cercana al 20%.

**Figura 3.1. Evolución de las cargas ferroviarias por modo de transporte (1993-2010)**

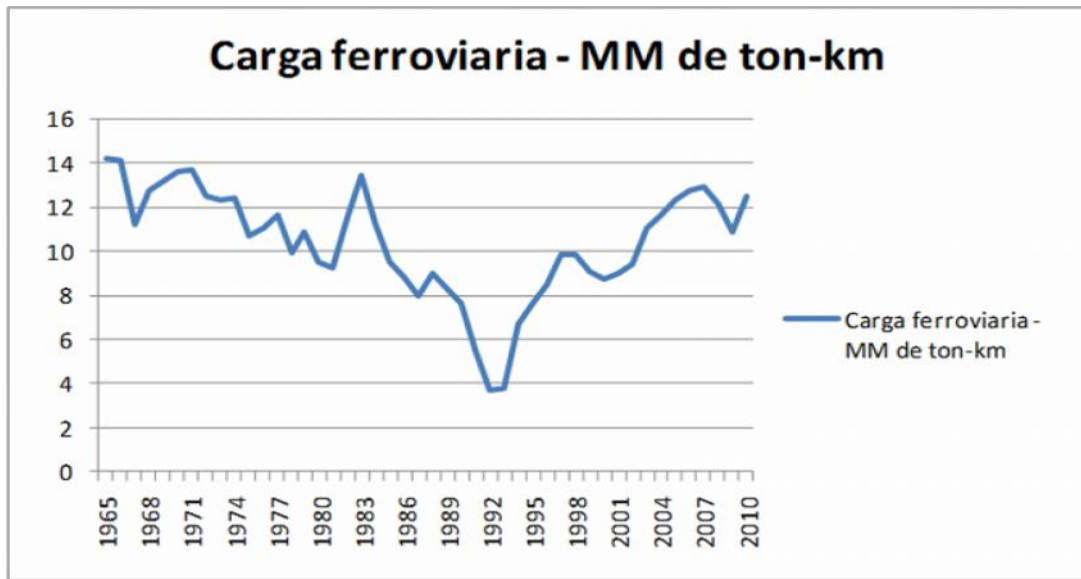


Fuente: Kohon Jorge, "Más y Mejores Trenes: Cambiando la Matriz de Transporte en América Latina y el Caribe, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2011.

Entre 1992 y 1998 los ferrocarriles recuperaron sus cargas; sin embargo las inundaciones y la recesión detuvieron su crecimiento, que retornó a partir de 2004.

En los últimos años, de gran crecimiento económico, el ferrocarril no ha cesado de perder participación en un mercado de cargas, que crece impulsado por el movimiento de graneles.

Figura 3.2. Evolución de la carga ferroviaria 1965-2010



Fuente: Kohon Jorge, "Más y Mejores Trenes: Cambiando la Matriz de Transporte en América Latina y el Caribe, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2011.

#### **4. SUBSECTOR TRANSPORTE: TRANSFERENCIA MODAL EN LOS PRODUCTOS DE LA AGRICULTURA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS**

---



A continuación se presenta un análisis del contexto de los subsector para la implementación de tecnologías que mejorarán la transferencia modal en el transporte de carga de productos agrícolas.

##### **4.1. Perfil del Sector transferencia modal en los productos de la agricultura**

###### **4.1.1. Producción y flujos de productos de la agricultura**

Por diversas razones, endógenas y exógenas, el P.B.I Agropecuario ha venido creciendo en forma relevante durante los últimos quince años. Esto se debe, en parte, a la expansión del área sembrada y al desarrollo e incorporación de tecnología.

Según fuentes del Ministerio de Economía, el PBI total del país, en el período 2002- 2010, se incrementó un 362%. Por su parte, el incremento del PBI Agropecuario fue de 321% en el año 2010 en relación al 2002.

Cabe destacar, que la participación del Sector Agroalimentario y Agroindustrial en el total del PBI de Argentina, en el año 2010, fue aproximadamente del 19%. Respecto a las cuentas fiscales, el Sector Agroindustrial está aportando el 44% de la recaudación total del país. El 36% del total del empleo registrado se concentra en el Sector Agroindustrial. Las exportaciones de productos primarios crecieron un 188% entre 2002 y 2010 hasta alcanzar los 15.171 millones de dólares, mientras que las Manufacturas de Origen Agropecuario (MOAs) lo hicieron en un 182% hasta llegar a los 22.910 millones de dólares.

Por otra parte, y particularmente en el último quinquenio, el incremento en los precios internacionales de los principales "commodities" agropecuarios ha contribuido notablemente a la aceleración del proceso, en un contexto mundial de aumento sostenido de su demanda. Todo ello ha hecho que los volúmenes de la producción nacional se hayan duplicado en tan sólo 15 años.

Figura 3.3. Soja -Producción y Precio Puerto de Rosario- Bs. As., Córdoba y Santa Fe

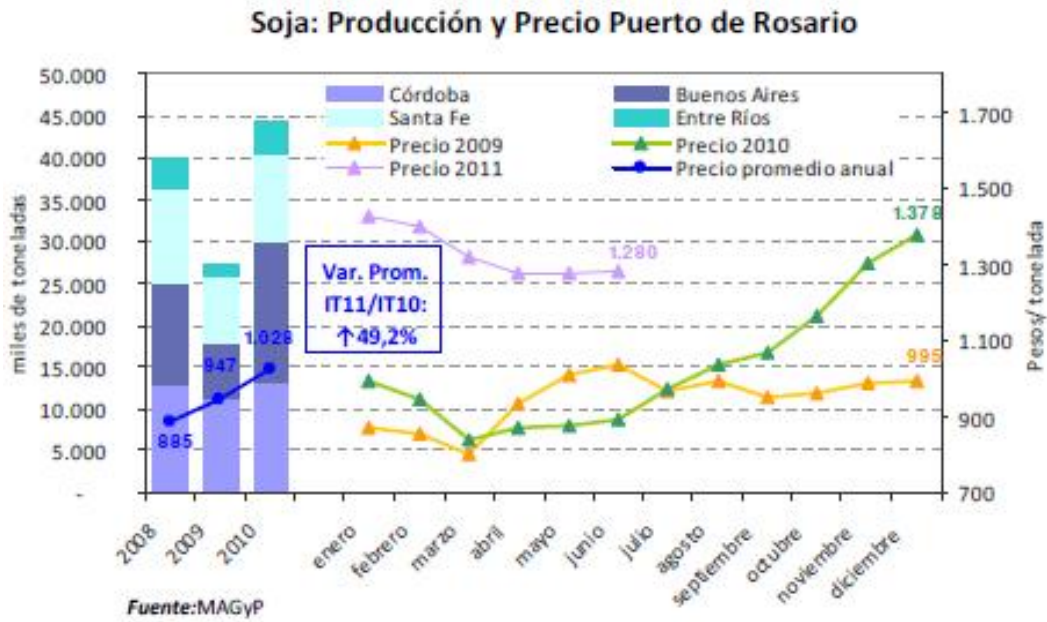


Figura 3.4. Soja -Producción y Precio Puerto de Rosario-Salta, Tucumán, Stgo. Del Estero y Resto NOA

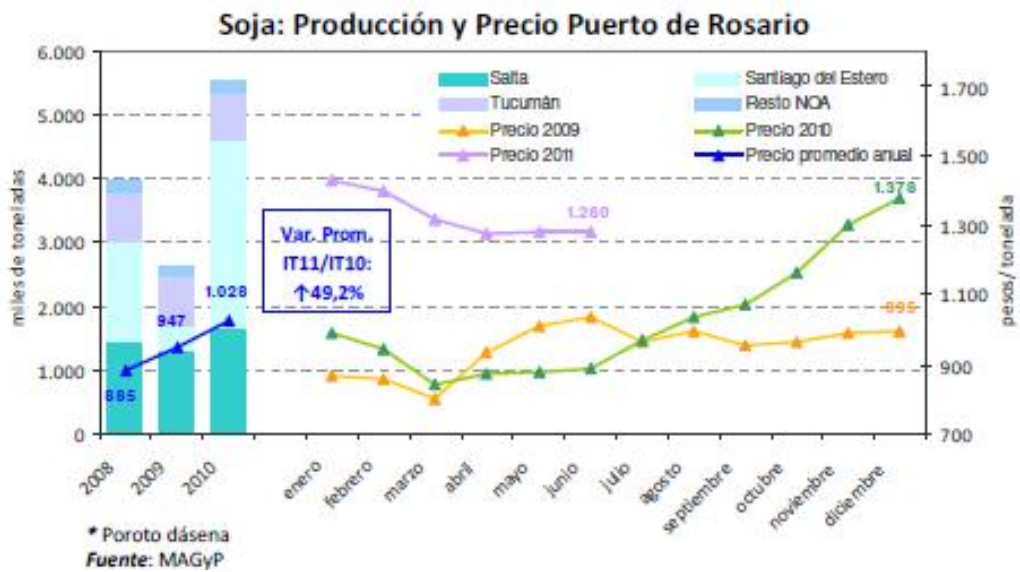
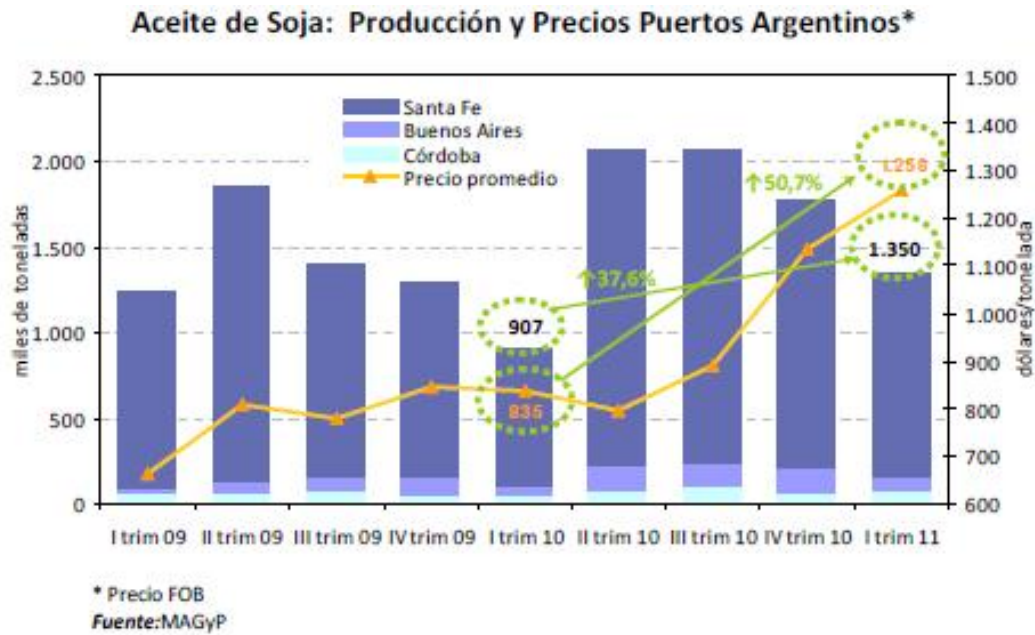


Figura 3.5. Aceite de Soja -Producción y Precio Puerto de Rosario- Bs. As., Córdoba y Santa Fe



Desde mediados del 2007, los precios internacionales de los granos oleaginosos se incrementaron notoriamente hasta alcanzar sus máximos históricos en julio del 2008, que tenían un valor aproximado de 600 US\$/tonelada, superando altamente a los registros más altos de la década anterior (1996/97). Este fenómeno se explica por la reducción de los stocks debido al estancamiento de la producción en dos de los principales productores mundiales de soja EE.UU. y Brasil y por el fuerte dinamismo de los mercados asiáticos, en particular China. Tras la crisis financiera internacional de fines de 2008, los precios de las commodities cayeron abruptamente y, con ellos, los de la soja, que en 2009 su valor promedio registró una baja del 10% anual. Hacia fines de 2010 ante la recuperación de la demanda y la menor oferta de soja de Sudamérica, provocada por déficits hídricos en la región, impulsaron nuevamente una fuerte suba de precios. En el mercado interno, los precios acompañaron la trayectoria de los internacionales, aunque con un nivel inferior por efecto de los derechos de exportación.

Históricamente se ha clasificado la producción agropecuaria nacional, por una parte, a aquella que se desarrolló en la denominada "Pampa Húmeda" conformada básicamente por buena parte de las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos y, por otro, las denominadas "economías o producciones regionales" como el algodón en el N.E.A, el azúcar en el N.O.A), la fruticultura (manzana y pera) del Alto Valle del Río Negro) o la forestal (madera) en el Parque Chaqueño, por citar algunos ejemplos. La diversidad de la producción agropecuaria argentina excede largamente los productos, mencionados pero por las razones apuntadas, atinentes a los objetivos del presente trabajo, dicha vasta diversidad productiva ha resultado acotada significativamente

El reciente proceso de crecimiento de los volúmenes de la producción granaria se ha verificado con mayor énfasis en la denominada "Zona Núcleo" que abarca el Norte de Bs. As., Centro Sur de Santa Fe, Sur de Córdoba y buena parte de Entre Ríos. También en las provincias que conforman esta Zona, se encuentra la mayor concentración de eslabones de las cadenas agroalimentarias.

La República Argentina produce en los últimos años unos 115 millones de toneladas de productos primarios. En materia de granos<sup>11</sup>, la superficie sembrada, pasó de 27,4 millones de ha. en 2002 a 33 millones en 2010. La superficie cosechada, por su parte, pasó de 24,7 millones de ha. en 2002 a 27,8 millones en 2010, incrementándose en un 13%. En materia de productividad, el rendimiento de los granos creció de 2,9 tn./ha. promedio en 2002 a 3,6 tn./ha promedio en 2010, representando un incremento del 25%.

La producción granaria, concentrada claramente en la Pampa Húmeda y, más precisamente en la "Zona Núcleo" antes descrita, alcanzó en la campaña 2009/10 el umbral de las 100 millones de toneladas, desde niveles de 70,8 millones de toneladas en la campaña 2002/03, lo que implicó un incremento de 41%.

Entre los hechos más notorios, se destaca el desplazamiento de la ganadería vacuna y, en lo agrícola, el neto predominio de la soja sobre otros cultivos tradicionales de la región como el maíz, sorgo, trigo, girasol, lino etc.

Tanto la superficie sembrada de soja como su producción presentaron, en poco más de una década, un importante crecimiento, de 122% y 152% respectivamente. La participación actual en el total del área sembrada del país es del 64%.

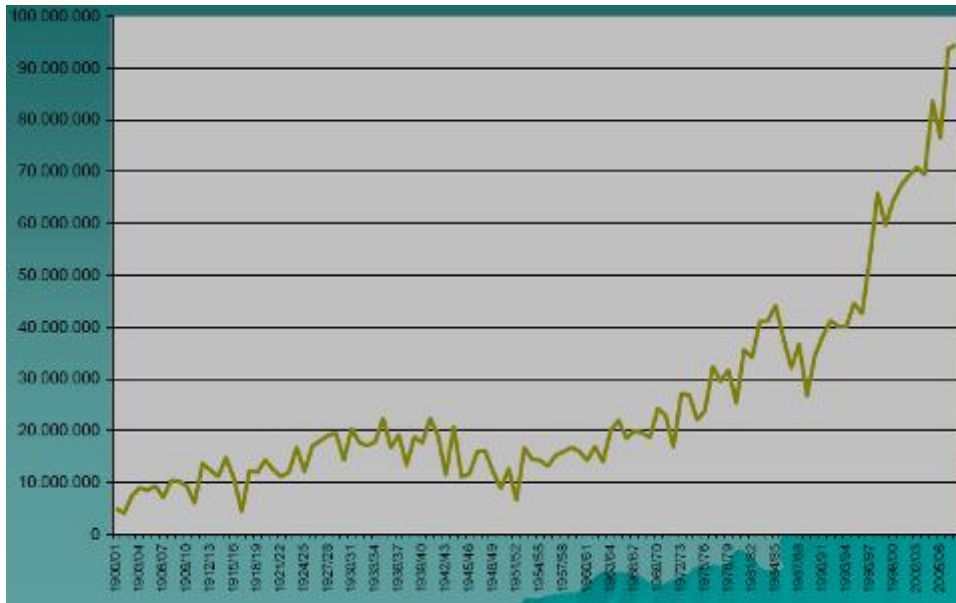
En línea con la evolución seguida por la producción de granos, entre 2003 y 2010, la elaboración de aceite de soja creció un 50%, ubicándose el último año en las 6,9 millones de tn. Asimismo, durante el período considerado hubo un aumento constante de la capacidad instalada, producto de las inversiones realizadas por las aceiteras. Al respecto, entre 2000 y 2010, la capacidad aumentó un 33%, pudiendo con ello llegar a procesar 152 mil tn. diarias.

El análisis realizado, permite afirmar que uno de los determinantes del crecimiento de la demanda de transporte de carga en Argentina, ha sido la importante evolución de la producción de cereales y oleaginosas, como se puede observar en la *Figura 3.6*.

---

<sup>11</sup> Granos comprende: trigo, maíz, girasol, soja, arroz, sorgo, cebada, alpiste, avena, cebada forrajera, centeno, mijo, trigo candeal, lino, colza y cártamo

**Figura 3.6. Evolución del volumen de producción de granos**



La matriz actual de transporte de productos agrícolas en Argentina está altamente concentrada en el transporte carretero, a pesar de ser cargas apropiadas para el transporte ferroviario y fluvial. La distribución modal para granos, aceites y subproductos actual a nivel nacional es aproximadamente 90% en camión, 9% en ferrocarril y 1% por transporte fluvial. En la Región de Rosario, principal nodo de destino de los flujos de origen agrícola, el camión da cuenta del 84%, el ferrocarril el 15% y el fluvial el 1%.

Estas cifras marcan las enormes posibilidades que existen se transformar hacia modos de menor consumo específico de combustible y, por ende menores de emisiones de CO<sub>2</sub>, como el ferroviario y el fluvial

## **4.2. Selección de productos para la implementación de medidas**

### **4.2.1. Identificación de los productos y criterios de selección**

Los criterios de selección resultan de ponderar sus volúmenes de producción y la región o provincia de origen, dado que esto último resulta relevante en términos de distancia a los centros de consumo o a los puertos de exportación, y por ende relevante en cuanto al estudio de alternativas de cambio modal.

Del conjunto de productos agrícola-ganaderos de Argentina, el transporte ferroviario sólo posee relevancia en el transporte de granos y sus subproductos (aceites y pellets), que figuran en la *Tabla 3.3*.

**Tabla 3.3. Complejos productivos y flujos de transporte asociados**

Complejo productivo	Flujos de exportación	Flujos de importación	Flujos destinados al mercado interno	O-D y encaminamiento
<b>OLEAGINOSO</b>	Granos aceites y harinas	Agroquímicos y Fertilizantes	Aceites, harinas y biodiesel	De zonas productoras (Central, NEA, NOA) a puertos y plantas procesadoras. Fertilizantes de puerto a zonas productoras
<b>CEREALERO</b>	Trigo y maíz	Agroquímicos	Trigo, maíz	De zona central a puertos y centros de consumo. Arroz al Litoral. Fertilizantes a zonas productoras

**Fuente: Elaboración propia**

Se ha excluido a la ganadería por entender que posee una logística muy particular y poco flexible respecto a una futura alternativas de cambio modal. Cabe mencionar que el transporte de ganado ha sido derivado al transporte por camión hace ya varias décadas, no sólo en la Argentina sino a nivel mundial, dadas las dificultades logísticas y los altos costos asociados a su control, alimentación y desplazamiento.

A su vez, el transporte de frutas por ferrocarril ha sido objeto de algunos intentos que no tuvieron consolidación comercial. El más difundido de todos fue el denominado “Frigo tren” destinado a movilizar frutas (fundamentalmente manzanas y peras) desde el Alto Valle de Río Negro hasta el puerto de Buenos Aires para, desde ahí, vincularse con los servicios regulares de compañías marítimas hacia, principalmente, los mercados europeos. El concesionario ferroviario involucrado (Ferrosur) creó una formación con compuesta por vagones portacontenedores, generadores y un vagón vivienda para el control del servicio durante el trayecto. Los portacontenedores están conectados a los generadores, que los abastecen de energía durante todo el viaje, para que los contenedores Reefer permanezcan siempre en funcionamiento. El recorrido es supervisado por técnicos, que realizan las revisiones de las cartas de frío y actúan ante cualquier contingencia.

#### **4.2.2. Proyecciones al 2020**

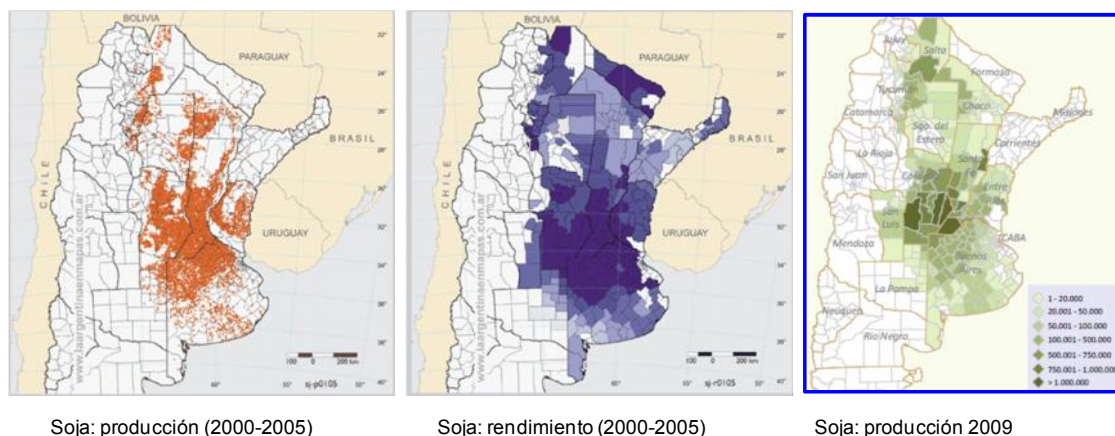
- **El Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial (PEA2 2010-2020), en el marco del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP).**

El objetivo del PEA es impulsar la generación de riqueza económica con mayor valor agregado, en particular en origen, con crecimiento sustentable en el tiempo, equitativo en lo social y sostenible en lo ambiental. El PEA constituye un enorme desafío logístico ya que prevé para el año 2020, una producción de granos de 160 millones de toneladas en el escenario “alto” y de 130 millones de toneladas en el escenario “bajo”, los cuales se concentrarían en la “zona núcleo” del país. Este pronóstico, advierte la necesidad de ajustar la matriz de transporte



actual, hacia una mayor participación del ferrocarril, dado que si no se realiza el sistema de transporte actual estará en graves dificultades para hacer frente a una mayor demanda.

**Figura 3.7. Distribución Territorial: Soja**



**Fuente: DIAR-DIAS (en base a datos MAGyP) y Mapas del Conicet.**

El 84% de la superficie sembrada de soja se encuentra en las provincias de Buenos Aires (29%), Córdoba (28%), Santa Fe (19%) y Entre Ríos (8%). En línea con lo anterior, casi el 80% de la producción se concentra en la región Centro y Bs. As. distribuyéndose, en orden decreciente, en Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. El resto se reparte entre las provincias del NOA y del NEA.

### 4.3. Análisis de las cadenas logísticas agrícolas

El desarrollo de la cadena global de las oleaginosas, y dentro de estas el cultivo de soja, se ha acelerado en las últimas décadas en respuesta a tendencias que incluyen el aumento en la demanda de alimentos, el rápido crecimiento económico de países con gran cantidad de habitantes y acciones orientadas a lograr cambios en la matriz energética (CEPAL 2008). Las perspectivas en el contexto internacional indican que dichas tendencias se mantendrán en el futuro, sosteniendo (y aún incrementado) los actuales niveles de demanda de los productos y subproductos de esta cadena de valor.<sup>12</sup>

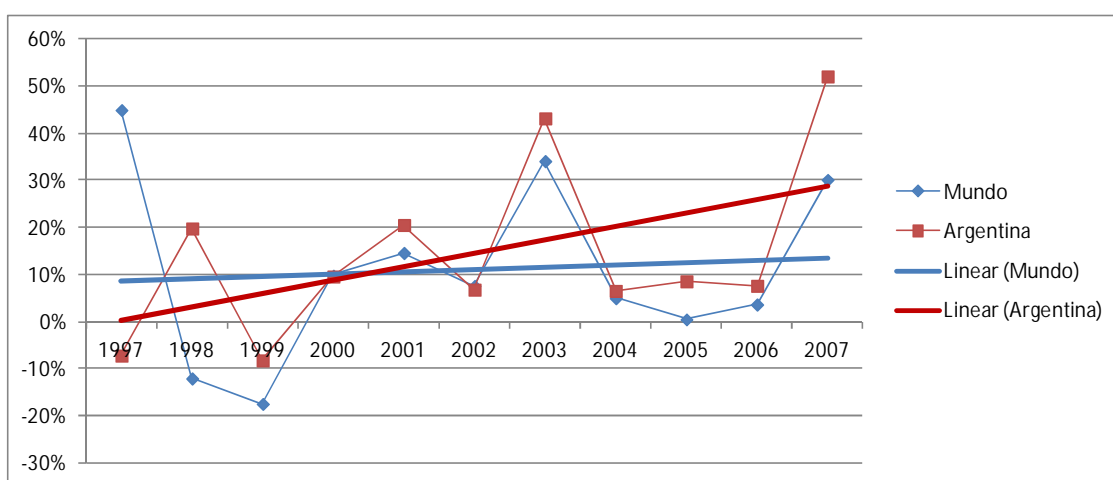
La producción de soja a nivel mundial alcanzó en 2006/2007 un volumen aproximado de 237 millones de toneladas, con una oferta fuertemente concentrada en tres países: Estados Unidos que participa con un 37% de la producción, Brasil con un 25% y Argentina con un 20% (INTA 2008). La Unión Europea (UE) fue durante años el principal importador de grano de soja, situación que comenzó a revertirse a partir de 1998-99 con el incremento de la demanda de China, que se convirtió a partir de 2005 en el principal importador mundial de granos de soja (con una participación en el total de 63%) y de aceite (15%). La UE mantiene el liderazgo en el mercado mundial como principal comprador de harina de soja, ya que se utiliza para

<sup>12</sup> Las definiciones y la descripción de la cadena de las oleaginosas en Argentina fueron tomadas del trabajo más reciente realizado por el INTA en el marco de los Estudios Socioeconómicos de los Sistemas Agroalimentarios e Industriales.

alimentación de ganado que reemplazó a las proteínas de origen animal a partir de los problemas causados por el brote de encefalopatía espongiforme (o “vaca loca”).

Argentina es el tercer productor y exportador mundial de granos de soja, luego de Estados Unidos y Brasil, y ocupa el primer lugar en exportaciones de sus principales derivados, aceite y harina, con el 63 y el 44% del volumen mundial respectivamente (INTA 2008). La *Figura 3.8.* muestra el fuerte aumento de la participación argentina en el total de exportaciones de la cadena, especialmente a partir de 2002, impulsada por el crecimiento de la demanda china. Un dato relevante es que las compras de este país crecieron casi un 700% acumulado entre 1998-99 y 2006-7, pasando de 3.8 a 30 millones de tn.

**Figura 3.8. Crecimiento en los volúmenes de exportación de la cadena oleaginosa 1997-2007 – Total mundial y Argentina.**



**Fuente: Elaboración propia sobre la base de INTA 2008 en base a datos de UN Comtrade Database**

En 2008, Argentina exportó un total aproximado de 41.600 tn. de productos y subproductos de la cadena, por un total de US\$ 17.000 millones, representando así un 36% del total de divisas de exportación y un 50% del volumen.

Varios factores explican el liderazgo de Argentina en esta cadena de valor, y abarcan la aptitud natural de los suelos, la fuerte incorporación de tecnología en la producción agropecuaria, la existencia de plantas industriales que se cuentan entre las más modernas a nivel mundial y el bajísimo consumo interno.

A nivel nacional, la estructura espacial de la cadena se encuentra fuertemente concentrada en la región de la Pampa Húmeda, con las provincias de Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires como los principales orígenes de la producción, y asimismo donde se ubican las principales industrias de transformación y los puertos para despacho al exterior de productos y subproductos.

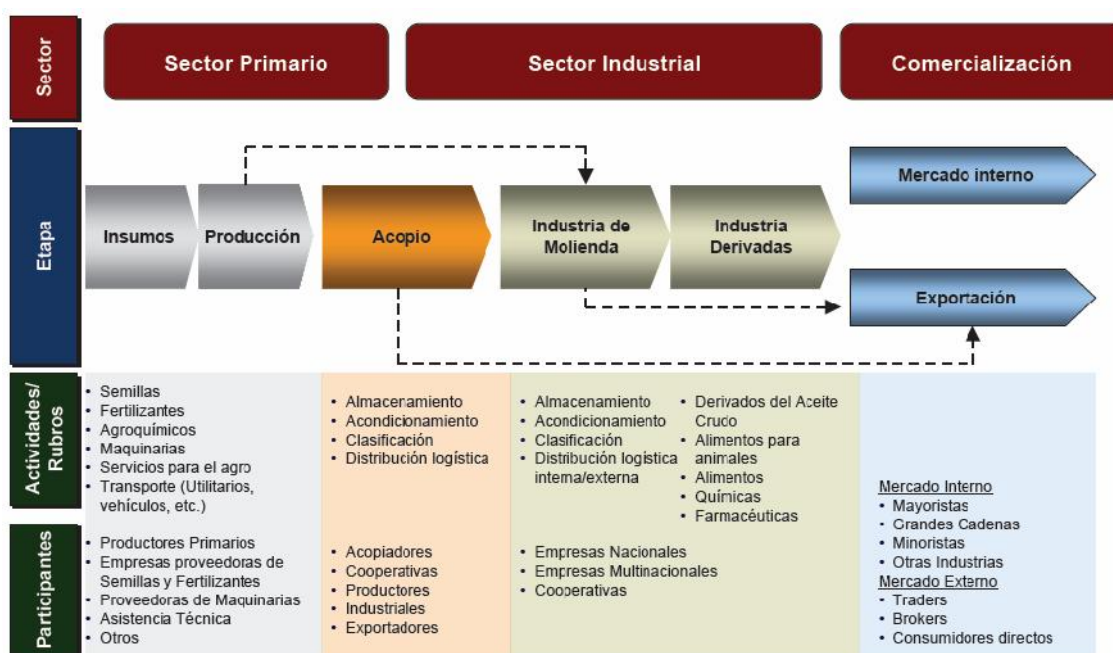
El flujo que sigue la soja a partir de la cosecha es relativamente simple. De acuerdo con datos del INTA para la campaña de 2006-07, del total de soja disponible (compuesto por la cosecha de de 47.5 millones de toneladas, más el volumen importado por un total de 2.3 millones) se exportó como grano el 25%, en tanto que el resto fue procesado obteniéndose casi 7 millones

de toneladas de aceite y 27.8 toneladas de harina que prácticamente se exportaron en su totalidad. También se exportaron en dicho año 283 mil toneladas de biodiesel obtenidas a partir de este cultivo.

### 4.3.1. Mapeo de la cadena oleaginososa

La *Figura 3.9.* muestra la estructura de la cadena de oleaginosas y sus principales etapas. En el presente trabajo se pondrá el foco en la producción, el acopio y la industria de molienda, al ser las que involucran los mayores movimientos e inventarios de volumen de la cadena. Una característica distintiva de esta cadena es que, a medida que se avanza en las etapas, la aumenta la concentración de los actores que conforman cada una de ellas. De esta forma, la producción se compone de un gran número de unidades pequeñas, que disminuye marcadamente en la etapa de acopio, para alcanzar una alta concentración en el eslabón industrial en que participa un número limitado de empresas grandes. Los párrafos a continuación presentan un breve análisis de los tres eslabones antes mencionados.

**Figura 3.9. Caracterización de la cadena oleaginososa – Principales etapas**



**Fuente: Unión Industrial Argentina 2005, con base en datos de AACREA, SAGPYA, CIARA, Ministerio de Economía de la Pcia. de Buenos Aires y Centro de Acopiadores de Cereales.**

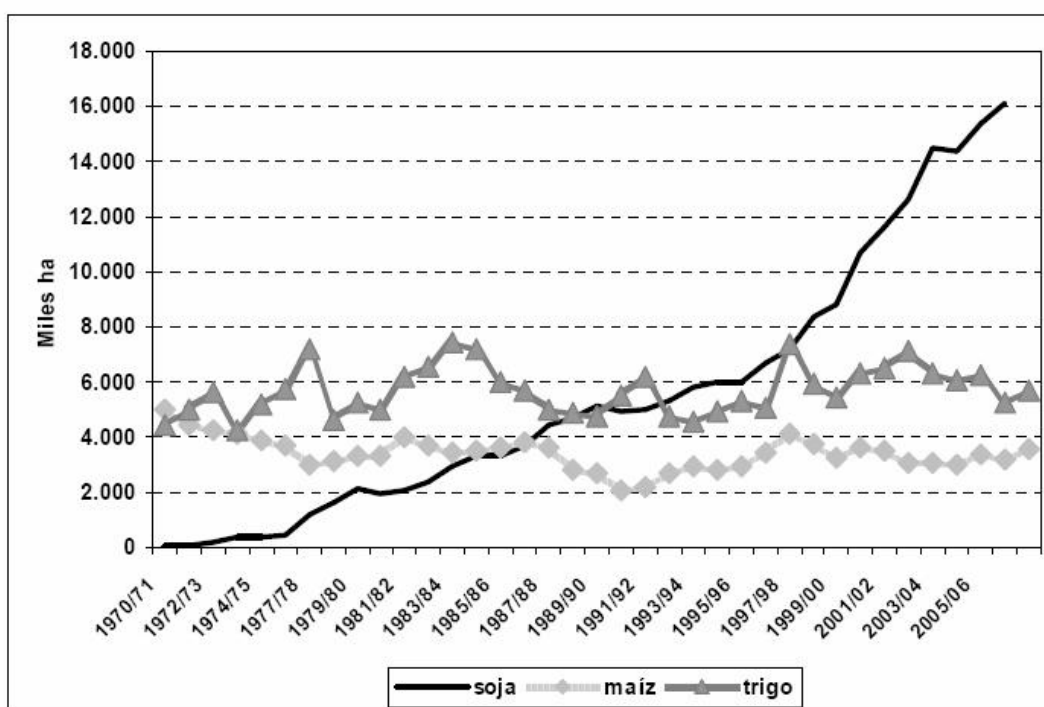
### 4.3.2. Producción primaria

De acuerdo con datos del INTA, la superficie sembrada de soja se incrementó un 336% entre 1986 y 2006 a partir de la incorporación de nuevas tierras y la sustitución de otros cultivos tradicionales como el maíz, el trigo y el sorgo. Durante el mismo período, los volúmenes aumentaron aproximadamente un 600%, lo que denota sólidos avances en términos de

productividad. Los últimos dos censos agrícolas (1988 y 2002) dan cuenta de un incremento de 70% de las áreas cultivadas, con orientación hacia el norte del país. De dicho total, prácticamente la totalidad se ha dedicado al cultivo de soja, en detrimento del cultivo de trigo y maíz (Figura 3.10)

Varios factores, algunos ya mencionados, han contribuido a la expansión de las áreas cultivadas con oleaginosas, e incluyen el aumento de la demanda y los precios internacionales, la aptitud de los suelos y el clima favorable. Los efectos favorables en términos de productividad se deben, en su mayor parte, a la difusión de la técnica de siembra directa para la administración de estos cultivos. Las facilidades en términos de adquisición de maquinarias que implicó la apertura de la economía a partir de la década de 1990 también tuvieron impactos positivos en el aumento de los rendimientos.

**Figura 3.10. Evolución del área cultivada de soja, maíz y trigo 1970-2006**



Fuente: INTA 2008

De acuerdo con los resultados de los últimos censos agropecuarios, existen en el país aproximadamente 49,000 explotaciones agropecuarias de soja, y su tamaño incrementó, entre 1998 y 2002, de 420 a 540 has, lo que llevó a una reducción de 25% en la cantidad de establecimientos. En 2002, la mayor cantidad de establecimientos (de superficie mayor a 10ha) cultivados con soja se localizaban en las provincias de Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires. En la región pampeana, casi el 38% de los establecimientos tiene una superficie mayor a 1200 ha, en tanto que aproximadamente un 50% tienen superficies de 225 a 1200 has. En la región chaqueña, la incidencia de las explotaciones grandes (de más de 1200 has) es mayor aún, absorbiendo casi el 47% del total.

### **4.3.3. Los actores del eslabón de la producción**

En el eslabón de la producción se pueden diferenciar, tradicionalmente, dos tipos de actores principales: los propietarios y los arrendatarios. Los primeros son aquellos que trabajan la tierra de su propiedad, en tanto que los segundos cultivan tierra de terceros. Sin embargo, más recientemente han surgido nuevos actores, los pooles y los fondos comunes de inversión agrícola, cuyo crecimiento ha tenido un impacto fuerte en el desempeño de la cadena. Los pooles son asociaciones de productores orientados a reducir costos en las compras de insumos o para mejorar su posición negociadora en las ventas a través de la concentración de volúmenes. Los fondos, por su parte, son fideicomisos financieros mediante los cuales los socios aportan fondos a una sociedad que se encarga de su administración. Estos nuevos actores han traído dinamismo al sector productor, y han impulsado una tendencia general hacia la mayor concentración en este eslabón, es que aún muy incipiente respecto de la existente en el acopio y la industria.

### **4.3.4. Acopio o almacenaje**

El sistema de almacenaje cumple un rol crucial en la cadena, dadas la estacionalidad de las cosechas y la necesidad de las industrias de lograr altos niveles de utilización de su capacidad a lo largo del todo el año. Por ende, el acopio, como intermediario entre la industria transformadora y la producción, tiene una fuerte incidencia no solo sobre los flujos físicos de la producción sino también sobre decisiones comerciales de compra y venta, de alta incidencia financiera en un contexto de precios internacionales variables. Por otro lado, los acopiadores tienen además una función importante en tanto que acondicionan los granos a través de procesos de secado diversos.

La capacidad de almacenaje a nivel nacional era, de acuerdo a datos del INTA, cercana a los 71,000 millones de toneladas en 2007. El acopio de granos puede realizarse bajo una variedad de modalidades, incluyendo el almacenaje en el establecimiento productor, en silos pertenecientes a terceros o cooperativas, o en silos localizados en las industrias transformadoras o en los puertos.

Según datos de la Fundación Producir Conservando, citados por INTA 2008, la modalidad más frecuente en el país es la de almacenaje en establecimientos específicos o propiedad de cooperativas, con 54% del total, seguido de infraestructura de almacenaje fija en los establecimientos productores (*Tabla 3.4*) Buenos Aires es la provincia con mayor capacidad de almacenaje instalada con casi 30 millones de toneladas, seguida por las provincias de Santa Fe y Córdoba con 19.5 millones y 12.7 millones respectivamente (INTA 2008). La provincia de Santa Fe tiene la particularidad de tener una alta capacidad de almacenaje en puertos, ya que es allí donde se localizan los principales terminales portuarios de agrograneles del país.

**Tabla 3.4. Capacidad de acopio en toneladas, según tipo de actor (2007)**

	(toneladas)	(%)
Acopio-Cooperativas	38.204.066	53,86
Productores (fija)	15.900.000	22,42
Molinos Aceiteros	7.655.511	10,79
Expo-Puertos	4.759.119	6,71
Molinos Harineros	2.552.024	3,60
Balanceadores	785.947	1,11
Molinos Arroceros	555.827	0,78
Seleccionadores	517.450	0,73
<b>Total Inst. Fijas</b>	<b>70.929.944</b>	<b>100,00</b>
Silos Bolsa	30.000.000	
<i>Total General</i>	100.929.944	
<i>Relaciones Vs. Producción</i>		
Producción 2006/07	94.380.000	
<i>Toneladas Fijas / Producción Total</i>		75
<i>Total General / Producción Total</i>		93

**Fuente: INTA 2008 sobre la base de datos de Fundación Producir Conservando**

La región pampeana cuenta con la mayor capacidad de almacenaje del país de acuerdo al volumen de producción originado en la misma. Las regiones de NOA y NEA se encuentran bastante rezagadas en este aspecto, ya que si bien contribuyen con un 12% de la producción nacional de oleaginosas, la infraestructura de almacenaje con que cuentan alcanza apenas un 5% del total nacional.

La incorporación del silo bolsa a partir del año 2000, tanto entre productores como acopiadores (en menor medida en el último caso) ha tenido un impacto significativo en el funcionamiento de la cadena. En efecto, el silo bolsa otorga capacidad de almacenamiento flexible y a relativamente bajo costo, dando a los productores autonomía para retener producción de acuerdo con las condiciones existentes en el mercado. De acuerdo a INTA 2008, citando datos de F. Producir Conservando, la capacidad de almacenaje en silo bolsa en 2007 representaba un 30% de la capacidad total.

#### **4.3.5. El rol de los intermediarios en la cadena de los granos y oleaginosas**

La ONCCA reconoce 17 categorías de intermediarios en el comercio de granos. Si bien no existen datos confiables sobre la cantidad de operadores en este rubro (dado que se los contabiliza por provincia, y muchos de ellos operan en más de una localidad generándose duplicaciones), la información más reciente publicada por la ONCCA da cuenta de que los acopiadores y los consignatarios son los actores más importantes en cuanto a su número. Existe además una amplia gama de actores, incluyendo acondicionadores, canjeadores, industrias seleccionadoras, etc. Esta variedad de posibles intermediarios da lugar a una enorme cantidad de canales y modalidades de comercialización de los granos, y dado que no

existe obligación de consignar la modalidad utilizada en cada operación particular, no pueden sacarse conclusiones sólidas acerca de cuáles son las más frecuentes (INTA 2008).

#### **4.3.6. Industria transformadora**

Según datos del INTA, Argentina cuenta con 53 plantas aceiteras en 8 provincias, de las cuales 39 procesan grano de soja con una capacidad teórica total de aproximadamente 150,000 toneladas (INTA 2008). La capacidad de procesamiento de estas industrias se ha incrementado en forma constante desde fines de la década de 1980, a una tasa de crecimiento promedio anual de 11% entre 1997 y 2007. Las plantas localizadas en la provincia de Santa Fe, sobre la costa del Paraná desde Arroyo Seco hasta Puerto San Martín, explican casi el 85% de la capacidad de molienda teórica, y son las que han experimentado el mayor crecimiento en los últimos años. El nivel de concentración en este eslabón es muy importante, con seis empresas (Dreyfus, Cargill, Bunge, Molinos, Vicentin y Aceitera General Deheza) con el control de casi tres cuartas partes de la capacidad de refinado total (INTA 2008).

En el proceso de molienda de granos, la producción de harina y aceite están asociadas tecnológicamente, por lo que se realizan en las mismas instalaciones industriales. En promedio, el grano de soja tiene un rendimiento de casi 20% en aceite, 73% en harina y 7% en cáscara y los productos que se elaboran a partir del mismo son variados. El INTA distingue dos segmentos: los commodities, que abarcan aceites crudos y refinados a granel y las harinas para animales; y los productos diferenciados para consumo final de alimentos.

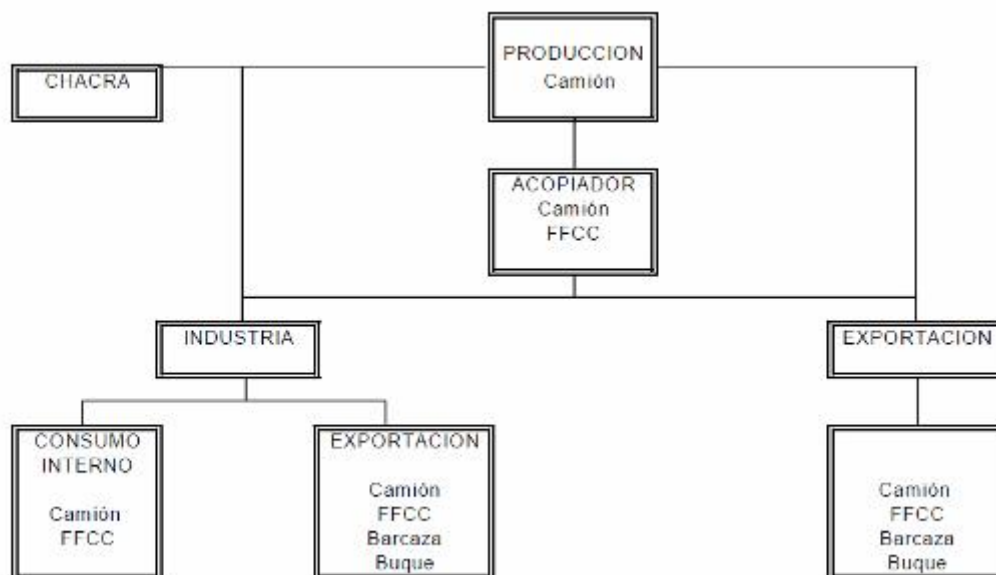
El procesamiento industrial posterior a la molienda genera subproductos de mayor valor agregado en los que nuestro país no tiene una participación muy importante. Estos incluyen proteínas de soja, grasas vegetales, lecitina de soja y derivados de la soja para alimentación humana. Por otra parte, el fomento del uso de energías alternativas a nivel mundial ha dado impulso a la producción de biodiesel, que ha logrado un avance muy rápido en nuestro país debido en parte a la estructura de los gravámenes a las exportaciones de oleaginosas. A partir de 2007, se realizaron importantes inversiones en el sector, con el objetivo de producir para mercados de exportación. La capacidad instalada de producción era de 800,000 toneladas/año en 2008 de acuerdo a datos del INTA, y 5 de las 9 plantas autorizadas para la exportación 5 eran aceiteras, en tanto que el resto eran ajenas al sector agroindustrial.

La industria procesadora cumple también en la cadena el rol de exportador de granos y derivados, por lo que la concentración en cuanto a capacidad instalada tiene su correlato en el total de exportaciones. Existen diferencias leves en los niveles de concentración según se trate de exportaciones de granos de soja, aceite y harina. Según el INTA, las 4 primeras empresas exportadoras de granos concentraban aproximadamente el 60% del volumen en 2008, con Cargill encabezando el listado con despachos equivalentes al 20%. En el caso de la harina, la concentración para el mismo periodo es mayor, con las 4 empresas líderes representando el 65% de los despachos. Finalmente el aceite de soja presenta el mayor grado de concentración, con 68% del volumen para los primeros cuatro actores y Cargill llevando la mayor participación, del 24%.

#### 4.3.7. El transporte de cargas en los segmentos

El movimiento de granos en el país se realiza en su mayor parte en dos etapas: el trayecto desde la zona productora al almacenaje zonal (acopio, cooperativa, etc.), usualmente llamado “flete corto” debido a la cercanía entre el origen y el destino; y el denominado “flete largo” que abarca el itinerario entre el almacenaje y el puerto o la industria. Si bien pueden existir variantes importantes en el marco de este esquema, tanto a partir de documentos revisados como de entrevistas realizadas a expertos, la existencia de estos dos tramos de transporte es dominante en la dinámica de la cadena oleaginoso.

Figura 3.11. Eslabones y medios de transporte utilizados en la cadena oleaginoso



Fuente: INTA 2008

##### 4.3.7.1. El “flete corto”

El “flete corto” o “acarreo” consiste en el transporte desde el campo (o “chacra”) hasta un centro donde la producción se almacena y en muchos casos también se acondiciona. De acuerdo a datos de la SAGPYA, los acopios se encuentran en un radio de aproximadamente 20km respecto de los centros de producción. Dadas las características de este tramo, especialmente la corta distancia y la multiplicidad de puntos de recolección con (relativamente) bajos volúmenes, el transporte se realiza masivamente en camión como modo de mayor flexibilidad respecto del ferrocarril. Si bien la disponibilidad del silo bolsa ha permitido a los productores mitigar al menos parcialmente los efectos propios de la estacionalidad, la escasez de oferta de equipos durante las cosechas continúa siendo un problema. Ello impulsa, durante las épocas “pico”, la demanda de equipos obsoletos que generalmente no cumplen las reglamentaciones establecidas y que no son requeridos durante el resto del año. Si bien hay excepciones (como productores y acopiadores que cuentan con flotas propias) este tramo es realizado mayormente por pequeños transportistas (cuentapropistas) de pequeñas localidades de interior. Durante las cosechas, la presión de la demanda impulsa aumentos de tarifas, y durante el resto del año, las asociaciones que



vinculan a estos transportistas presionan por mantener pisos tarifarios que de alguna forma aseguren una rentabilidad mínimamente aceptable. Otras ineficiencias incluyen: una alta proporción de viajes de retorno vacíos, la baja rotación de los equipos (por los elevados tiempos de espera para carga y descarga en chacra y acopio respectivamente) y el mal estado de las redes terciarias que causa daños en los equipos.

Las modalidades de contratación y coordinación de este primer tramo de transporte son muy variadas, y dependen en gran medida de la escala del productor y del hecho que el acopiador/consignatario/cooperativa cuente o no con flotas de vehículos propias. Los datos de ONCCA 2004 (Tabla 3.5) muestran que en su mayor proporción, los intermediarios utilizan flotas de terceros.

**Tabla 3.5. Modalidad de contratación de transporte, según tipo de actor**

Provincia	Contratada	Mixta	Propia	Totales
Acondicionador de Granos	69	28	5	102
Acopiador - Consignatario	1,142	1,015	104	2,261
Comprador para Consumo Propio	28			28
Deposito y/o Mayorista de Harinas	4			4
Explotador de Depositos y Elevadores	25	1		26
Industrial Aceitero	43	5		48
Industrial Arrocerero	29	8	7	44
Industrial Balanceador	45	34	15	94
Industrial Cervecerero	2			2
Industrial Destileria	4	2		6
Industrial Harinero	9	4	2	15
Industrial Seleccionador	24	6	1	31
Industrial Molino de Trigo	101	30	3	134
<b>Totales</b>	<b>997</b>	<b>1,133</b>	<b>137</b>	<b>2,795</b>

Fuente: ONCCA 2004

#### 4.3.7.2. El “flete largo”

Se denomina generalmente “flete largo” a la movilización de los granos desde los centros de almacenaje zonales hacia las industrias procesadoras y puertos. Si bien el acopio en campaña esta tradicionalmente en manos de acopiadores y cooperativas, la tendencia hacia el transporte directo desde la chacra hacia la industria se ha afianzado en tiempos recientes (particularmente en la medida en que la escala de la producción es de mayor magnitud). La distancia media en este tramo, es de 500 km para el cual el ferrocarril tiene ventajas comparativas importantes.

Trabajos realizados por la Bolsa de Comercio de Rosario indican que se transporta en ferrocarril un 14.5% de los volúmenes de granos que ingresan en las terminales del Paraná Medio, en tanto que 1.5% lo hace en barcazas, dejando el mayor volumen, 85%, al camión. Este dato es significativo y tiene fuertes implicancias desde el punto de vista logístico. Dado que existe un importante tendido de redes ferroviarias en la región pampeana y que las características de tramo, que en gran parte de los casos implica alta concentración de volúmenes tanto en origen como en destino, el ferrocarril podría tener una participación mayor en estos flujos. Varios factores contribuyen a explicar la baja proporción de carga de granos que se transporta a través de este modo, vinculados con las facilidades de acceso ferroviario en los puntos de origen y destino de la carga, que se analizan en los siguientes párrafos.

De acuerdo con datos de ONCCA 2004, apenas un 25% de los establecimientos de acopio registrados en el país tiene acceso ferroviario. Si se consideran junto a las anteriores las instalaciones que tienen ingreso ferroviario en un lote lindero la proporción de las mismas alcanza casi un 60% del total. (Tabla 3.6). Sin embargo, este último dato es muy relativo, dada la complejidad que implica realizar un flete terrestre extremadamente corto, sumado a manipuleos de carga y descarga, a fin de utilizar el ferrocarril.

**Tabla 3.6. Disponibilidad de acceso ferroviario a plantas de acopio, por provincia (2003)**

PROVINCIA	DESVIO PROPIO	LOTE LINDERO	NO POSEEN
BUENOS AIRES	214	203	724
SANTA FE	103	141	444
CORDOBA	93	122	310
ENTRE RIOS	18	22	168
CHACO	4	7	40
LA PAMPA	26	52	36
SALTA	5	8	7
MENDOZA	0	0	6
TUCUMAN	4	3	6
CORRIENTES	0	0	5
SAN LUIS	1	1	4
C. de Bs. AIRES	2		3
CATAMARCA	1		3
MISIONES			3
SGO DEL ESTERO	1		3
JUJUY	2		2
SAN JUAN			1
<b>TOTALES</b>	<b>474</b>	<b>559</b>	<b>1765</b>

Fuente: ONCCA 2004

La *Tabla 3.7.* muestra la cantidad de instalaciones con accesos viales de diverso tipo y subraya que al menos un 54% de ellas se encuentra en ámbitos urbanos, generando graves interferencias de tráfico pesado en pequeñas localidades durante épocas de cosecha. De acuerdo con las entrevistas realizadas a los fines de este informe, las ampliaciones en capacidad de almacenaje recientes no han buscado priorizar el acceso ferroviario, contribuyendo a agravar el desbalance de la matriz de transporte de granos en el tramo largo, con todos los impactos negativos que ello implica.

**Tabla 3.7. Tipo de acceso vial a plantas de acopio registradas, por provincia (2003)**

Provincia	Camino-calle-avenida			Ruta princ.	Rutaósecundaria			Otro	Total de plantas
	asfalto	mejo-rada	tierra		asfalto	mejo-rada	tierra		
BUENOS AIRES	314	121	213	256	100	34	54	48	1,140
CATAMARCA	1			1			1	1	4
CHACO	8	11	6	21	4	2			52
CIUDAD DE Bs.As.	4							1	5
CORDOBA	108	63	103	184	35	6	9	16	524
CORRIENTES		1	3	4		2			10
ENTRE RIOS	33	37	10	64	15	17	6	20	202
JUJUY	2			1	1				4
LA PAMPA	23	9	45	11	13		5	5	111
LA RIOJA				1					1
MENDOZA	2				1		1	2	6
MISIONES			1			2			3
RIO NEGRO					1				1
SALTA	3	3	5	7			1	1	20
SAN JUAN	1								1
SAN LUIS			2	2	1			1	6
SANTA FE	180	114	63	194	53	25	27	26	682
S. DEL ESTERO	2	2		3	1	1		1	10
TUCUMAN				6			3	4	13
<b>Totales</b>	<b>681</b>	<b>361</b>	<b>451</b>	<b>755</b>	<b>225</b>	<b>89</b>	<b>107</b>	<b>126</b>	<b>2,795</b>

Fuente: ONCCA 2004

El autotransporte terrestre enfrenta en este tramo desafíos similares a los descriptos para el flete corto, si bien aquí participan flotas de vehículos más modernas. En efecto, durante épocas de cosecha la presión de la demanda de camiones es muy fuerte generando demoras, ingreso al mercado de vehículos en mal estado y presiones hacia el aumento de tarifas. Las demoras en carga y descarga de los equipos tanto en origen como en destino reduce la rotación, a lo que se suman los viajes de retorno vacíos (salvo excepciones, sobre todo en el transporte de fertilizantes y otros insumos desde los puertos hacia las chacras).

La sobrecarga de los vehículos pesados es un problema grave en este tramo: su control es muy complejo y, en aquellos casos en que efectivamente se realiza, la escasez de balanzas impulsa demoras durante las épocas de cosecha. Todo ello agravado por la alta proporción de acopios localizados en zonas urbanas. La expansión de la frontera agrícola hacia el NOA y el NEA plantea asimismo nuevos desafíos en términos de oferta de transporte: durante épocas de cosecha, las flotas disponibles focalizan su operación en la región pampeana donde se encuentran los mayores volúmenes, agudizando las demoras para los granos con origen en regiones más distantes a los puertos. En este sentido, la solución de los problemas operativos y de infraestructura que enfrenta el ferrocarril Belgrano Cargas podría tener impactos muy favorables.

La capacidad de almacenaje no aparece como una limitante crítica desde que se difundió a nivel productor el denominado "Silo Bolsa". Al respecto, cabe señalar que este tipo de método de almacenaje no es incompatible con un incremento del transporte por ferrocarril, dado que se use silo bolsa o instalaciones fijas, el "flete corto" siempre se efectuará mayoritariamente vía camión.

En principio, la operación de carga y descarga de granos logra mayor eficiencia en la medida en que los volúmenes son mayores y existen equipos con la potencia suficiente para realizarla con rapidez. Si bien existen equipos que realizan esta operación desde silos bolsa (“succionadoras de granos”), no es tan claro que se trate de una operación con buenos niveles de eficiencia.

La participación del transporte por vía fluvial en el flete largo es muy baja, alcanzando apenas un 1.5% del total de cargas de granos del país. A pesar de contar con fuertes ventajas en términos de escala, el transporte de barcazas enfrenta en el país una serie de dificultades que se reflejan en su baja participación. En primer lugar, la red hidroviaria no tiene buena penetración hacia el interior de las zonas productoras, lo que lleva a la necesidad de un flete terrestre hacia un puerto menor, para su posterior traspaso a una barcaza y luego su carga en un buque granelero de gran porte en un puerto mayor. En el caso de nuestro país, operatorias de este tipo se encuentran bajo análisis para el desarrollo de puertos al norte de Santa Fe, como es el caso de Barranqueras. Los múltiples manipuleos de la carga plantean interrogantes sobre los tiempos y costos vinculados a operatorias de este tipo, especialmente ante la competencia de camión que tiene una gran flexibilidad para cargas y descargas. A ello se suman las bajas profundidades de la vía fluvial al norte de Santa Fe, cuya condición mejorará a partir de la extensión del contrato de dragado del concesionario Hidrovía S.A. hasta confluencia.

La infraestructura de recepción en las industrias transformadoras y los puertos, sus prácticas operativas para la coordinación de los ingresos de carga, así como su capacidad de almacenaje, juegan un rol fundamental para el buen desempeño del transporte en el flete largo. Prácticamente el 80% de la producción de granos y subproductos del país se despachan a través de las terminales ubicadas en Rosario –Paraná Medio, donde existen aproximadamente 30 terminales portuarios, muchos de ellos integrados con industrias.

La expansión hacia el sur y el norte de estos terminales se ha dado en forma superpuesta con el crecimiento del Gran Rosario, por lo que su operación, especialmente el ingreso de tráfico pesado, interfiere fuertemente con la trama urbana. Un número limitado de industrias y puertos cuenta con infraestructura adecuada para recibir carga ferroviaria; el hecho de ubicarse en ámbitos urbanos dificulta mucho la operación ferroviaria, que requiere de importantes espacios para descarga y maniobras. Bahía Blanca y Quequén son también puertos relevantes para las exportaciones de granos, si bien representan volúmenes mucho menores que los de Rosario, en los que el ferrocarril enfrenta desafíos similares por atravesar centros urbanos.

Dadas las interferencias “puerto-ciudad” en los dos principales nodos para exportación de agrograneles, los incentivos de los privados a invertir en accesos ferroviarios son muy bajos: se trata de inversiones de magnitud que difícilmente puedan mitigar las interferencias existentes con los entornos urbanos en que se encuentran. De acuerdo con datos del INTA, entre 1990 y 2007 la capacidad de almacenaje en los puertos de la Hidrovía creció de 1.5 millones de toneladas a cerca de 8 millones, en tanto que el ritmo de carga de los buques se incrementó de 23 mil ton/hora a 54 mil.

La utilización de esta capacidad adicional requiere de mayores volúmenes de granos y, por ende, de mejoras tanto en la infraestructura como en las prácticas operativas de recepción. De acuerdo a entrevistas realizadas para el presente informe, las industrias y terminales portuarias han invertido en capacidad de recepción orientada al autotransporte terrestre (en particular, playones de espera), si bien este punto particular continúa siendo el mayor cuello

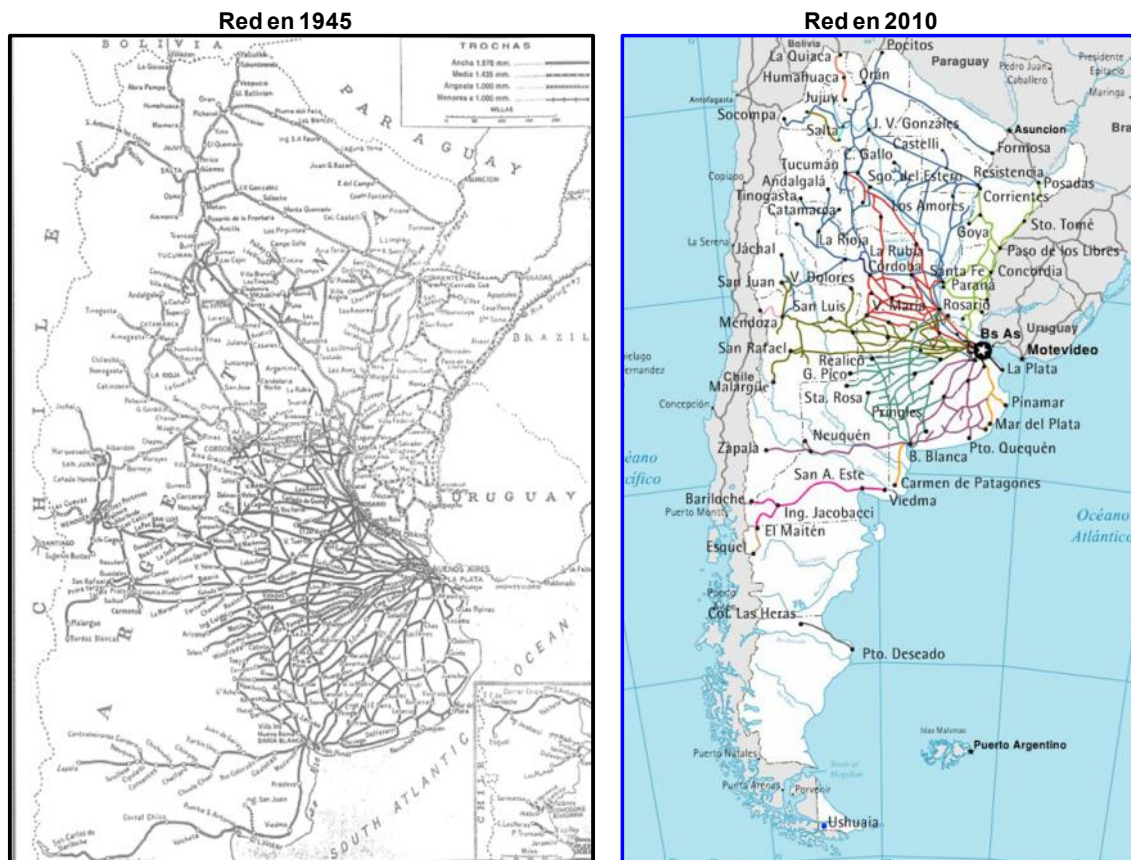
de botella para estos flujos. Por otro lado, se ha buscado reforzar los controles a los cupos de recepción para evitar la formación de colas durante épocas de cosecha, con escaso éxito hasta el momento.

#### 4.4. Caracterización del Sistema Ferroviario Argentino de Cargas

##### 4.4.1. Caracterización física y estructuración de la red ferroviaria

Argentina extendió sus líneas en la segunda mitad del siglo XIX y, principalmente, a comienzos del siglo XX. En 1890 la red tenía 12.600 km y, en 1920, 35.300, llegando a los 44 mil kilómetros, en la primera mitad del siglo anterior. Actualmente posee una extensión del orden de los 32 mil.

Figura 3.12. Mapa de la red ferroviaria Argentina

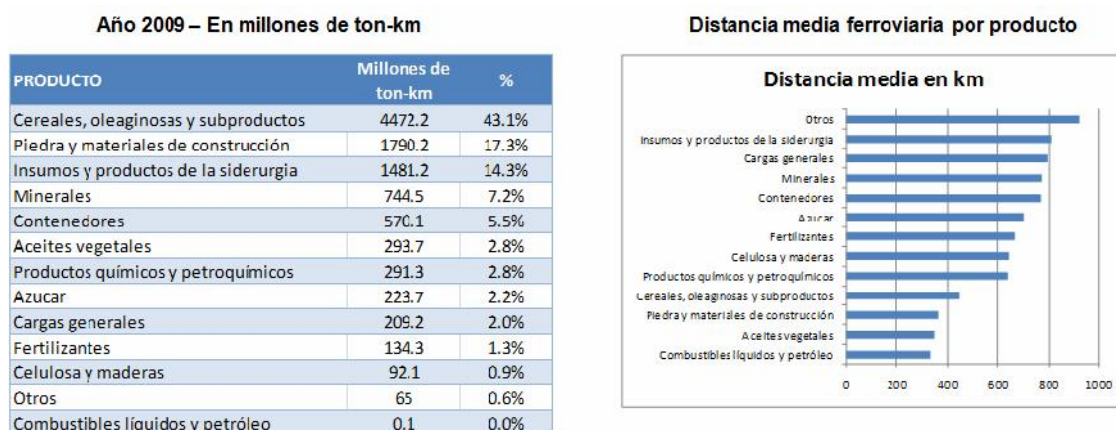


Fuente. Secretaría de Transporte de la Nación

#### 4.4.2. Nivel de actividad y tráficos

La composición del tráfico de cargas ferroviarias, que destaca la *Figura 3.13.*, muestra una fuerte predominancia de los graneles. Los productos del complejo oleaginoso y cerealero, las piedras y materiales de la construcción, y los insumos y productos de la siderurgia representan las tres cuartas partes del tráfico. La distancia media actual es relativamente corta: 520 km, casi igual a la del transporte carretero, estimada en 500 km.

**Figura 3.13. Argentina Composición del tráfico ferroviario de cargas y distancia media por producto**



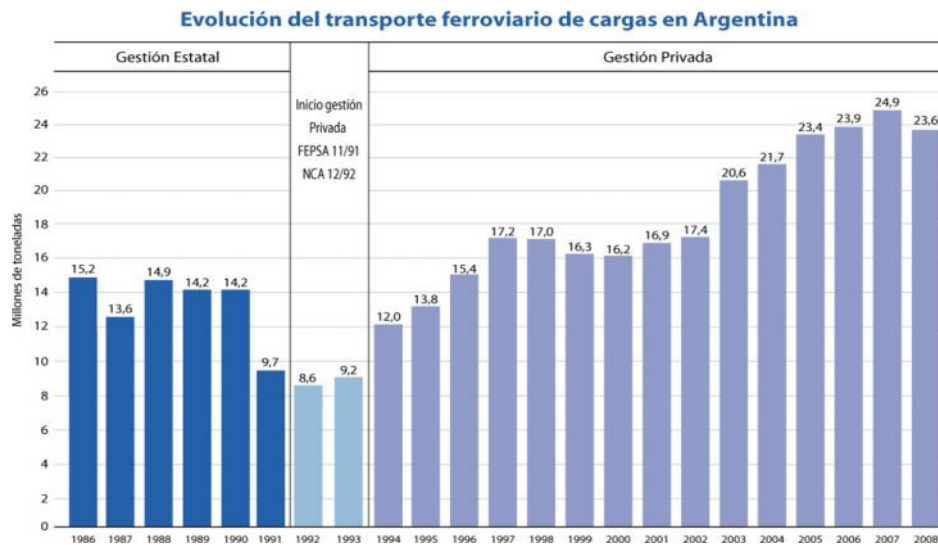
**Fuente:** Kohon Jorge, “Más y Mejores Trenes: Cambiando la Matriz de Transporte en América Latina y el Caribe, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2011.

Las cinco concesiones de cargas (Ferroexpreso Pampeano – FEPSA, Nuevo Central Argentino – NCA, Ferrosur Roca – FSR, Nuevo Central Argentino – NCA, América Latina Logística Central – ALL C, América Latina Logística Mesopotámico – ALL M, la Empresa General Belgrano – EGB) lograron recuperar el tráfico perdido durante la década del ‘80 aún cuando a la actividad, globalmente, le faltan al menos 3 millones de toneladas que el Belgrano Cargas aún no logró recuperar.

Como se puede apreciar en la *Figura 3.14.*, el tráfico de cargas creció desde el inicio de las concesiones hasta 1997, se amesetó entre 1998 y 2002 (inundaciones de vías, default y caída del PBI del 20%), volvió a crecer en 2003-2007 (mayor producción agrícola, fuerte crecimiento de la economía), y se volvió a amesetar en el 2008-2010, situación que persiste.

Las diferencias en el grado de crecimiento que presentan los distintos concesionarios se deben en buena medida a la composición de productos que transportan. El crecimiento del conjunto está fuertemente ligado al de la producción primaria (con cosechas recientes que, más allá de las condiciones climáticas, se ubican próximas a los 100 millones de toneladas, de las cuales aproximadamente la mitad es de soja y agroindustrial y, en menor medida, a los materiales de construcción y a las mercaderías en general, más vinculadas al desempeño general de la economía.

**Figura 3.14. Tráfico de cargas. 1986-2008 (en millones de toneladas)**



**Fuente: Ferrocámara Empresaria de Ferrocarriles de Carga de Argentina**

#### 4.5. El Transporte de Ferroviario de productos agrícolas

Las modalidades de contratación del flete en este tramo muestran, al igual que en el flete corto, una gran variedad. Sin embargo, en este caso, el tipo de infraestructura de recepción con que cuenta la industria transformadora o el puerto hacia el que se dirigen las cargas tiene un peso determinante en la elección modal.

Argentina posee una producción de granos que se ha ubicado, en los últimos años y más allá de las contingencias climáticas, cercanas a las 100 millones de toneladas. Sin embargo, el tráfico movilizado por ferrocarril de granos y subproductos se ha ubicado entre los 11 millones de toneladas y algo menos de 14 millones de toneladas. Las mejores estimaciones disponibles indican que la participación ferroviaria en su movilización terrestre se ubica en el orden del 15%. Cabe preguntarse entonces: ¿Cuáles son las razones por las cuales el transporte ferroviario no ha podido movilizar toneladas mayores de granos y subproductos, tratándose de un producto masivo?

Todas las opiniones consultadas de “stakeholders” relevantes descartan razones de mercado como el principal motivo que impide una mayor participación ferroviaria. Es cierto que una parte significativa de la producción de granos tiene lugar a distancias cercanas a los puertos de exportación en el área de Rosario, y en esas distancias, cortas, ejerce fuerte competencia. Otra porción, mayor aún, tiene lugar a distancias muy superiores y, aún en éstas, la participación del ferrocarril no supera el 30%.

Las limitaciones a la participación del ferrocarril en el tráfico de granos responden a una variedad de causas complejas, ubicables mayormente por el lado de la oferta, y asociadas a la logística del transporte de granos por ferrocarril. Los más relevantes de esos componentes son los siguientes:

- La producción/originación (esto es, las parcelas productivas en donde se produce el grano)
- Los centros de acopio, en general próximos (alrededor de 30 km en promedio) de los lugares de producción
- El transporte ferroviario
- La infraestructura pre-portuaria, es decir, de acceso ferroviario y antepuerto
- Ya en el puerto o en la planta de industrialización de los granos (pellets, aceites), mayoritariamente ubicada en el área de las terminales portuarias, la descarga de los vagones ferroviarios en puerto
- El almacenamiento portuario previo al embarque

Los párrafos siguientes reflexionan sobre el transporte ferroviario cada uno de esos componentes.

#### **4.5.1. La originación**

El lugar de producción de granos no ha sido, históricamente, un lugar relevante de almacenamiento de la producción. Esta situación se ha modificado en cierta medida en años recientes con la introducción del llamado “silo bolsa” que permite el almacenamiento “en campo” a costos relativamente reducidos a la espera de mejores precios de los que se obtienen de vender los granos en los meses “punta” de la cosecha, inmediatamente después de realizada ésta. El silo bolsa ha tenido un efecto secundario benéfico para el sistema de transporte al “achatar” los envíos a puerto y a las plantas de procesamiento (pellets y aceites) en esos meses punta atenuando la congestión del sistema de transporte (y por consiguiente sus precios) en esos 3-4 meses “claves”. Los exportadores y los centros de acopio compiten por adquirir los granos producidos para “alimentar” tanto a los buques que transportan los granos no procesados como a las plantas en que se producen pellets y aceites. La gestión de compra en origen es un elemento central de la estrategia comercial de las grandes exportadoras y procesadoras de granos.

#### **4.5.2. Los centros de acopio**

Los centros de acopio se ubican en general en pueblos y ciudades situados a distancias en promedio a 30 km y no superiores a los 50 km de los lugares de producción. Allí se concentran la mayoría de los granos antes de su envío por camión o ferrocarril a los puertos de exportación o a las plantas de procesamiento. Los acopiadores reciben los granos desde los lugares de producción por camión, mediante lo que se denomina “flete corto”. Los centros de acopio pueden contar o no con desvío ferroviario. Para el acopiador es, en la mayoría de los casos “neutro” transportar por ferrocarril o por camión ya que la mayor tarifa que implica emplear camiones en el “flete largo” a puerto o a planta se traslada “hacia atrás”, descontándola del precio que se le paga al productor. La participación de los grandes exportadores en el control de los centros de acopio es creciente.



#### **4.5.3. El Transporte ferroviario**

El ferrocarril moviliza granos desde los centros de acopio hasta los puertos de exportación. Crecientemente, las plantas de industrialización de los granos se ubican junto a las terminales portuarias de exportación, especialmente en la ribera del Paraná que se extiende desde Villa Constitución hasta Puerto San Martín. Existen también algunas plantas procesadoras en las provincias de Santa Fé y Córdoba, alejadas de los puertos. Los operadores ferroviarios privados han mejorado sensiblemente la eficiencia de las operaciones de movilización de granos y subproductos: los mejores operadores logran rotaciones de vagones de 6 días en los meses punta y trenes largos de hasta 72 vagones con doble tracción. A 55 toneladas por vagón, esos trenes transportan caso 4000 toneladas por viaje, el equivalente a más de 100 camiones. En los meses "punta" (especialmente mayo a agosto) el material rodante está empleado a pleno.

#### **4.5.4. La infraestructura pre-portuaria**

El tonelaje de granos recibido por los puertos y la plantas procesadoras del Área de Rosario ha crecido, proporcionalmente aún más que la producción total. Sin embargo, la infraestructura preportuaria, tanto vial como ferroviaria, ha crecido y se ha adecuado sólo marginalmente a ese crecimiento.

En lo que hace al transporte ferroviario, las carencias de la infraestructura de accesos a los puertos origina movimientos innecesarios y demoras que contribuyen a impedir que la rotación de vagones no pueda mejorar de sus actuales 6 días a un horizonte más deseable de 4 (un día para la carga, un día de viaje, un día en la terminal portuaria para la descarga y un día para el retorno) en los meses punta.

La infraestructura ferroviaria del Área de Rosario se encuentra concesionada al operador Nuevo Central Argentino (NCA), el mayor transportador ferroviario del país. Al área de Rosario también acceden y transportan granos los concesionarios ferroviarios FerroExpreso Pampeano (FEPSA) y la línea San Martín de América Argentina Logística (ALL). Sus líneas llegan a los alrededores del área portuaria. Los trenes acceden hasta los puertos y las plantas transitando sobre las vías concesionadas a NCA a la que pagan peaje por emplear su infraestructura y por los servicios de control de tráfico.

La mayor parte de las respuestas posibles a las limitaciones de este estado de cosas viene dada por el denominado Programa Circunvalar Rosario, a cargo del gobierno Nacional, que incluye un conjunto amplio de obras carreteras y ferroviarias en el área y permitirá eficientizar las operaciones ferroviarias (y también del transporte automotor) atenuando sensiblemente recorridos incensarios y los problemas de intrusión de ambos modos en las estructuras urbanas de la ciudad de Rosario y de los municipios del Gran Rosario. El Programa Circunvalar, cuyo costo superaría los US\$ 1.000 millones sólo ha llevado a cabo hasta el momento algunas obras prioritarias pero de relevancia menor. En sus aspectos centrales, el Programa Circunvalar se encuentra demorado sin fecha definida de reinicio.

#### 4.5.5. La Descarga de vagones en puertos

La intensidad del tonelaje ferroviario que los puertos pueden recibir se encuentra limitada por la capacidad de descarga de vagones en las terminales portuarias. Descargar un vagón de granos puede llevar hasta 15 minutos dependiendo de la calidad de la instalación de descarga pero también de cuán adecuado es el vagón para el transporte de granos y su descarga. Sólo uno de los puertos del área de Rosario, el e Terminal 6, admite la descarga de 400 vagones por día (unas 22.000 toneladas diarias). Otras instalaciones portuarias con acceso ferroviario sólo admiten 200 vagones diarios. Un número no menor de estas instalaciones basa su "alimentación" en los camiones y carecen totalmente de instalaciones ferroviarias de descarga.

#### 4.5.6. El almacenamiento portuario

El dimensionamiento del almacenamiento portuario es relevante para la participación del ferrocarril en los envíos a puerto tanto para la exportación como granos, sin procesar, como para alimentar las plantas procesadoras. Las instalaciones de almacenamiento portuario más pequeñas son siempre más vulnerables a las urgencias de los embarques o del procesamiento de la industria porque el tamaño les impide contar con un "colchón" suficiente en cuanto a tipos y diversidad de granos.

Cualquier cambio en la programación de los embarques, les deja poco "espacio" de respuesta. Esas instalaciones menores son más proclives a emplear el transporte por camión, siempre más flexible y con mayor capacidad inmediata de reacción a esos embarques o sucesos inesperados, en los que puede suceder que el grano disponible en la instalación de almacenamiento no responde al tipo o la calidad requerida. El ferrocarril, en cambio, requiere planificar sus movimientos con, en general, semanas de anticipación.

De lo hasta aquí expuesto en cuanto a los distintos componentes de la cadena logística, surge que una recuperación decidida de la participación del ferrocarril en el transporte de granos no depende únicamente de contar con vías, locomotoras y vagones: si bien unos y otros son imprescindibles, el crecimiento de la actividad exige, en cambio, que el conjunto de componentes de la cadena logística se aliñe con el objetivo de dar una mayor trascendencia al transporte ferroviario.

Una acción de esa naturaleza sólo puede ser conducida por el Estado en el marco de una (o más) Asociaciones Público-Privada (APPs). Sólo algunos de los componentes de la cadena logística asociada a la movilización de granos, si bien no menores, requieren financiamiento público. Incluso, es posible que la participación del financiamiento privado supere, en cuanto a montos, a la del financiamiento público.

La *Tabla 3.8* indica los participantes relevantes en el financiamiento de la ampliación, con orientación ferroviaria, de cada uno de los componentes de la cadena logística.

**Tabla 3.8. Participación del financiamiento público y privado en la consolidación del transporte ferroviario de granos**

Componente de la Cadena	Financiamiento Público	Financiamiento Privado
Producción/Originación	----	----
Acopio (con Desvío Ferroviario)	----	Acopiadores más empresas ferroviarias
Transporte Ferroviario (Infraestructura de vías)	Principalmente	Marginalmente
Transporte Ferroviario (locomotoras y vagones)	----	Empresas Ferroviarias. Aportes de grandes exportadores
Infraestructura Preportuaria	Principalmente (fundamentalmente Programa Circunvalar)	Empresas Ferroviarias financian obras puntuales que contribuyen a su eficiencia operativa en el marco del Programa Circunvalar
Descarga de Vagones en Puertos	----	Terminales portuarias
Almacenamiento Portuario/Plantas Procesadoras	----	Terminales Portuarias/Plantas Procesadoras

**Fuente: Elaboración propia**

## 5. EVALUACIÓN DE COSTOS Y MITIGACIÓN DE GEI DE LA OPCIÓN TECNOLÓGICA SELECCIONADA

---

### 5.1. Estimación de los costos de inversión para la implementación de la tecnología

Analizando específicamente el componente de transporte ferroviario de la cadena logística, el crecimiento del transporte de granos (y subproductos) enfrenta restricciones principalmente en lo que respecta al material rodante y, secundariamente, en relación a la infraestructura. De ser posible un crecimiento significativo de la actividad ferroviaria en el transporte de granos, ¿Cuál es el orden de magnitud en cuánto a necesidades financieras en lo que respecta a locomotoras y vagones, y a la infraestructura.

El cálculo fue realizado tomando como base el Plan Estratégico Agroalimentario, ya comentado, que establece para el año 2020, una producción de granos de 160 millones de toneladas en el escenario "alto" y de 130 millones de toneladas en el escenario "bajo". Para este análisis se ha considerado una producción de 145 millones de toneladas en el año 2020.

El análisis parte de las casi 100 millones de toneladas de granos producidas en el año 2010, año en el que el transporte ferroviario de granos y subproductos alcanzó a 12.968.075 toneladas (13 millones a los efectos de este cálculo). Como se indicó previamente, la mejor información disponible indica que la participación del ferrocarril en los movimientos terrestres se ubica en el 15%.

Si la producción de granos del año 2020 habrá de ser entonces de 145 millones de toneladas y se pone como objetivo duplicar la participación del ferrocarril en el "flete largo" (del 15 % al 30%), la estimación de las necesidades incrementales de vagones y locomotoras puede realizarse bajo las siguientes hipótesis<sup>13</sup>:

- El volumen a transportar por ferrocarril pasaría de 13 a 37.7 millones de toneladas como resultado del incremento de la producción y la participación ferroviaria. El tonelaje incremental sería de 24.7 millones de toneladas. A los efectos de estos cálculos se estima en 25 millones de toneladas.
- Si bien la eficiencia de la operación ferroviaria admite mejoras se considera, en una aproximación conservadora, que la eficiencia de las operaciones no va a sufrir modificaciones sensibles. Así se considera que la rotación de los vagones en los meses punta tiene lugar cada 6 días y, en los 8 meses restantes del año, cada 10. Como resultado, cada vagón realiza 44 viajes anuales (20 en los meses punta y 24 fuera de éstos). Considerando 52 toneladas por viaje en la dirección cargada (el retorno es vacío), cada vagón transporta, anualmente, 2288 toneladas.
- Con ese nivel de actividad anual, las 25 millones de toneladas incrementales requieren 10.930 vagones adicionales en servicio. Cabe señalar que la flota total de vagones de carga en servicio se ubica en el orden de las 17.000 unidades, lo que implica que el incremento planteado se ubica aproxima al 65%.

---

<sup>13</sup> A lo largo del proceso de cálculo se han aplicado criterios de redondeo.

- Si se considera una disponibilidad operativa del 90 % si los vagones a incorporar son usados, y del 95% si son nuevos, la flota a adquirir se ubicaría en 12.145 y 11.505 unidades en uno y otro caso.
- Considerando costos unitarios de US\$ 60.000 en el caso de los vagones usados (incluyendo gastos de transporte hasta Argentina, aranceles de importación -30.5%- y el retrochado y/o rehabilitación del vagón) y US\$ 110.000 en el caso de los vagones nuevos, los montos en juego alcanzan a US\$ 730 y US\$ 1.265 millones en uno y otro caso.
- Adicionalmente, resulta necesario incorporar locomotoras. Si se consideran locomotoras similares a las que predominan actualmente en el sistema ferroviario argentino (del tipo GT 22, de 2.400 HP), distancias medias de 450 km, y un recorrido anual de 90.000 km por locomotora, cada una de ellas realizaría 200 viajes anuales de las cuales sólo los de ida serían productivos ya que los viajes de retorno arrastran vagones vacíos. Considerando entonces 100 viajes anuales cargados por locomotora, arrastrando en promedio 50 vagones de 52 toneladas netas cada uno, cada locomotora movilizaría 260.000 toneladas anuales.
- Para atender los 25 millones de toneladas incrementales, sería necesarias 96 locomotoras. De ser usadas su costo sería de US\$ 1.5 millones (en la mismas condiciones ya rehabilitadas y listas para usar de los vagones) con una disponibilidad del 85% y, de ser nuevas, su costos se ubicaría en los US\$ 3 millones con una disponibilidad del 90%.
- Así, serían necesarias 113 y 107 locomotoras en uno y otro caso que, a los costos unitarios antes mencionados, implican US\$ 170 y 320 millones.

El monto total de la inversión en material rodante alcanzaría entonces a US\$ 900 y 1.585 millones para equipos usados y nuevos respectivamente. Es de mencionar que el conjunto de las empresas ferroviarias del país poseen ingresos (no ganancias) del orden de los US\$ 500 millones anuales, lo que explicita la significación de los montos antes mencionados. La *Tabla 3.9.* resume los valores más relevantes del análisis realizado.

**Tabla 3.9. Estimación del costo del equipamiento necesario para incrementar en 25 millones de toneladas el transporte ferroviario**

	<b>Vagones</b>	<b>Locomotoras</b>
Flota en servicio incremental	10.930 unidades	96 unidades
Disponibilidad unidades usadas	90%	95%
Disponibilidad unidades nuevas	85%	90%
Flota total incremental usada	12.145	113
Flota total incremental nueva	11.505	107
Costo unitario usado/nuevo (miles de US\$)	60/110	1.500/3.000
Monto total unidades usadas (millones de US\$)	730	170
Monto total unidades nuevas (millones de US\$)	1.265	320

**Fuente: Elaboración propia**

A los valores indicados en la *Tabla 3.9.* cabría sumar una primera estimación de las inversiones necesarias en infraestructura. A ese respecto cabe indicar las siguientes:

- Las inversiones del denominado Proyecto Circunvalar. Comprende un conjunto de obras viales, ferroviarias y otras instalaciones complementarias que tiendan a resolver en forma progresiva la problemática de los transportes de cargas y, en especial, el de acceso a las terminales de exportación de granos en el área de la Región Metropolitana de Rosario. El proyecto busca minimizar las interferencias con áreas urbanizadas, definiendo zonas de operaciones ferroviarias asociadas a plataformas de actividades logísticas. El costo de proyecto fue estimado, a precios del año 2007, en US\$ 1.100 millones de los cuales US\$ 880 millones correspondían a la parte ferroviaria. La parte ferroviaria comprende 420 km de vías entre mejoras en ramales, playas de maniobras y empalmes. Estimativamente, los costos pueden haber crecido al menos un 30% en dólares. De ser así, las inversiones ferroviarias se encontrarían en el orden de los US\$ 1.150 millones.
- Las mejoras en los puertos de Bahía Blanca y Quequén. Ambos puertos podrían tener, a partir del mediano un rol más relevante en la exportación de granos, especialmente en el caso en que el Área Metropolitana de Rosario continúe aumentando los volúmenes movilizados y comience a presentar signos más fuertes de congestión. Ambos puertos requieren mejoras en los layouts de vías de acceso y playas de maniobras y, también, en las instalaciones de descarga. El monto de las mejoras es estimado, preliminarmente, para ambos puertos, en US\$ 100 millones.
- Las mejoras de vías. Los análisis realizados no han identificado sectores específicos en los cuales realizar intervenciones de vía destinadas a mejorar su condición. Sin embargo, puede estimarse que alrededor de 250 km de vías afectados exclusivamente o primordialmente al transporte de granos habrá de requerir "mejoramientos". El

mejoramiento de vía no se cambian los rieles (el componente de mayor costo) pero se los somete a un análisis de ultrasonido para detectar debilidades estructurales internas, se "despuntan" sus extremos, se los suelda aluminotérmicamente para armar tramos de rieles de 36 metros, se agrega una "cama" de balasto y se reemplazan las fijaciones. El costo es estimado en US\$ 600.000 por km, con lo que totalizaría US\$ 150 millones.

Bajo las consideraciones anteriores, las inversiones sumarían US\$ 2.300 millones en caso de emplearse material rodante usado y US\$ 2.985 millones en caso de emplearse material rodante nuevo.

**Tabla 3.10. Resumen de inversiones estrictamente ferroviarias para incrementar en 25 millones de toneladas el transporte ferroviario**

Área de inversión		Millones de dólares
Material Rodante	Locomotoras (tipo GT22, de 2400 HP)	
	Cantidad: 113 usadas 107 material rodante nuevo. 10.930 Vagones	9000 (usados) 1585 (nuevos)
Infraestructura	Proyecto Circunvalar Región Metropolitana de Rosario	1150
	Mejoras en los puertos de Bahía Blanca y Quequén	100
	Mejoras en las vías	150
<b>MONTO TOTAL</b>		2300 (con rodante usado) 2985 (con rodante nuevo)

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.1. Posibilidades de Financiamiento

Cabe también reflexionar brevemente sobre los problemas que enfrenta la actividad ferroviaria de cargas para financiar su expansión en equipamiento. ¿Porqué no ha tenido lugar un crecimiento, aunque sea parcial, del número de locomotoras y vagones en el entendimiento que no existen, en estos niveles de participación ferroviaria, problemas de demanda relevantes? Buena parte de la respuesta se encuentra, tal como se indicó reiteradamente, en las limitaciones al crecimiento del tráfico que imponen los restantes condicionantes de la cadena logística antes mencionados.

Sin embargo, otra parte de la respuesta se encuentra en las dificultades que enfrentan los ferrocarriles al buscar financiamiento en la banca comercial. Las principales dificultades encontradas son las siguientes:

- Los bancos comerciales no saben de ferrocarriles y, en consecuencia, les resulta difícil evaluar sus Planes de Negocios, aún cuando éstos se encuentren bien preparados

- Los bancos buscan períodos de repago de sus préstamos que no son compatibles con los períodos más largos de maduración de la mayoría de las inversiones en proyectos ferroviarios
- El otorgamiento de garantías es un obstáculo ya que en Argentina los bienes de la concesión son propiedad del Gobierno y, consecuentemente, no pueden ser empleados como garantía. Adicionalmente, el ratio que usualmente se emplea entre los bienes puestos en garantía y el valor del préstamo es generalmente desfavorable para el ferrocarril (muchos bienes en relación al préstamo) debido a la dificultad de hacer líquido ese material rodante
- La iliquidez del material rodante es también una limitación para el otorgamiento de garantías por parte de los accionistas y para el aporte de capitales frescos
- Otra fuente de financiamiento pueden ser los cargadores, especialmente en, lo que hace a la incorporación de vagones que pueden ser repagados por los ferrocarriles mediante descuentos tarifarios. Sin embargo, aún los cargadores relevantes han sido reacios a invertir en equipamiento ferroviario.
- También, otra posible fuente de financiamiento podría haber en el sector privado de las agencias multilaterales de crédito como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo o la Corporación Andina de Fomento. Lo cierto es que los organismos multilaterales no han mostrado interés en involucrarse en la actividad ferroviaria de cargas (aun considerando los aspectos de políticas públicas en cuanto a competitividad de las exportaciones, ambientales y eficiencia energética asociados a la actividad ferroviaria), ni las empresas ferroviarias han sido lo suficientemente proactivas en intentar involucrarlos.

## **5.2. Estimación de beneficios económicos y ambientales por implementación de la tecnología**

Para el cálculo de ambos beneficios debido al cambio modal a favor del transporte ferroviario se continúa con la hipótesis que ya fuera planteada en el informe, es decir una estimación para la producción de granos en 2020 de 145 millones de Tn. Esto lo que representa un incremento de 25 millones de tn a transportar por FFCC que representan 12.500 millones de ton.km / año

### **5.2.1. Beneficios económicos por reducción costos de transporte**

El valor del flete tiene una influencia directa sobre los costos de producción y comercialización de productos granarios y sus derivados. Por ello, una correcta elección modal puede compensar desventajas coyunturales de este mercado, considerando que el 70% de las exportaciones argentinas están conformadas por productos de baja relación valor /volumen.

En base a la información recolectada, para el cálculo del costo de transporte se suponen los siguientes valores de flete, para distancias promedio de 500 km:

- Costo del flete del camión = U\$S 0,07 por Tn.km



- Costo del flete del ferrocarril = U\$S 0,04 por Tn.km

Carga: 12.500 millones de ton.km / año

**Tabla 3.11. Costos de transporte por modo**

<b>TRANSPORTE DE PRODUCTOS GRANARIOS</b>			
<b>Estimación del costo de transporte (flete)</b>			
<b>Modos de Transporte</b>	<b>Ton.Km/año (en millones)</b>	<b>Costo Flete por Tn.Km (US\$)</b>	<b>Total (US\$)</b>
Camión	12.500	0,07	875.000.000
FFCC	12.500	0,04	500.000.000
<b>Reducción de Costos de Transporte por cambio modal ( en US\$)</b>			<b>375.000.000</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Como se puede apreciar en el cálculo realizado la disminución de costos de transporte por cambio modal hacia el ferrocarril representan 375 millones de dólares al año.

## **5.2.2. Beneficios económicos por reducción de emisiones**

### **5.2.2.1. Estimación de Emisiones: metodología**

La intensidad energética, definida como el CO<sub>2</sub> emitido por unidad de energía consumida, es decir como megajulios (MJ) por viajero-km o tonelada-km (que en término de emisiones, se expresa en gramos de CO<sub>2</sub> equivalentes), viene determinada por dos factores: la energía requerida para mover el vehículo y la utilización de la capacidad del vehículo. La primera está determinada por el consumo de combustible, las condiciones de transporte (tráfico y geografía) y las características del vehículo (modelo y tamaño). La intensidad energética de la carretera es 5 veces superior a la del transporte ferroviario en el caso del transporte de pasajeros y de 4 veces en el de mercancías.

En la mayoría de los países en vías de desarrollo la información concerniente a factores de emisión está fragmentada y es escasa. A su vez, la disponibilidad de información fehaciente y las metodologías específicas de emisiones representan un serio problema ya que existen diversas fuentes que toman en cuenta factores que no están estandarizados, aunque existen actualmente algunos proyectos de avance en la materia. En el presente estudio fueron considerados para camión el factor de emisión 71 gCO<sub>2</sub>eq por Tn/Km y para ferrocarril de 24 gCO<sub>2</sub>eq por Tn/Km según la fuente que se detalla en la *Tabla 3.12.* que amplía información sobre factores de emisión.

**Tabla 3.12. Factores de intensidad de emisión del transporte carretero y ferroviario**

Mode	Energy Intensity (MJ-FFC/tkm) <sup>a</sup>	Emission Intensity (g CO <sub>2</sub> -e/tkm) <sup>b</sup>
<b>Road Transport</b>		
Light Commercial Vehicles	21.07	1532
Rigid Trucks	2.95	209
Articulated Trucks	0.98	71
<b>Rail</b>		
Hire and Reward	0.32	24
Ancillary	0.09	6
Coastal Shipping	0.17	15

<sup>a</sup> Megajoule per ton km (MJ/tkm) on a Full Fuel Cycle (FFC) basis. A 'full fuel cycle' includes feedstock production, extraction, fuel production, distribution, transport, storage, and vehicle operation, including refuelling, combustion, conversion, permeation, and evaporation.

<sup>b</sup> Grams of carbon dioxide equivalent (g CO<sub>2</sub> e) per ton km.

Source: Data drawn from Ernst von Weizsäcker, Klauson 'Charlie' Hargroves, Michael H. Smith, Cheryl Desha & Peter Stasinopoulos, *Factor Five: Transforming the Global Economy through 80% Improvements in Resource Productivity*, Earthscan, London, 2009.

Fuente: UNEP Riso Center on Energy, Climate and Sustainable Development. Technologies for Climate Change Mitigation – Transport Section - . Marzo 2011 <http://tech-action.org/>

La fórmula utilizada es:

$$[\text{Tn de Emisiones CO}_2\text{eq} = (\text{Ton.Km}) \times (\text{gr CO}_2 / \text{ton-km}) / 1.000.000]$$

Emisiones CO<sub>2</sub> = Volumen transportado por modo de transporte x distancia promedio por modo transportado x promedio del factor de emisión CO<sub>2</sub>- por tonelada-km por modo de transporte

**Tabla 3.13. Cálculo de emisiones por modo**

EMISIONES ANUALES POR INCREMENTO TRANSPORTE PRODUCTOS GRANARIOS AL 2020					
Modo de Transporte	Tn/año (en millones)	km	Tn.Km/año (en millones)	Factor de Emisión CO <sub>2</sub> (gCO <sub>2</sub> eq) Tn/Km	Emisiones totales en Tn CO <sub>2</sub> eq/año
Camión	25	500	12.500	71	887.500
FFCC	25	500	12.500	24	300.000
<b>Reducción de Tn CO<sub>2</sub>eq/año por cambio modal</b>					<b>587.500</b>

Fuente: Elaboración propia

El cambio modal de camión a ferrocarril produce una reducción de 587.500 Tn CO<sub>2</sub>eq por año

### 5.2.2.2. Valoración económica de las emisiones: metodología

El análisis económico aproxima el coste externo de la emisión de gases de efecto invernadero desde dos puntos de vista alternativos. El primero de ellos, es el enfoque de disposición a pagar WTP (willingness to pay), que aproxima el valor monetario de esta externalidad al esfuerzo que está dispuesto a hacer la sociedad para reducir la magnitud del calentamiento global a un límite máximo definido por el Protocolo de Kyoto. El segundo punto de vista es el enfoque de disposición a recibir WTA (willingness to accept), que estima que la compensación que la sociedad tiene derecho a exigir a los agentes que emiten gases de efecto invernadero, es decir el valor actualizado neto de los impactos futuros del cambio climático.

Los cálculos de los costes externos de la emisión CO<sub>2</sub> realizados en el presente estudio, se basan en el enfoque de compensación exigida (método WTA) que se lleva a cabo a través del análisis de los impactos sobre el bienestar humano de los efectos negativos del cambio climático, a los que se trata de asignar un valor monetario, a valor presente y considerando una tasa de descuento social de 3%.

La valoración de reducción de emisiones debida al cambio modal del camión al ferrocarril, se ha estimado un valor actualizado del año 2011 de 17,03 dólares la tonelada, basado en el estudio del INTA<sup>14</sup>

**Tabla 3.14. Cálculo de emisiones por modo. Estimación del costo ambiental por reducción de emisiones**

<b>TRANSPORTE PRODUCTOS GRANARIOS</b>			
<b>Estimación del costo ambiental por reducción de emisiones</b>			
<b>Modo de Transporte</b>	<b>Emisiones totales en Ton CO<sub>2</sub>eq/año</b>	<b>Costo tn CO<sub>2</sub>eq (US\$)</b>	<b>TOTAL</b>
Camión	887.500	17,00	15.087.500
FFCC	300.000	17,00	5.100.000
<b>Reducción de costos ambientales, por cambio modal</b>			<b>9.987.500</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Los beneficios por reducción de emisiones por cambio modal, a valor presente y considerando una tasa de descuento social de 3%, representan un valor monetario de 9.987.500 dólares al año.

<sup>14</sup> "Cálculo de las toneladas de dióxido de carbono no emitidas a la atmósfera debido a la introducción del biodiesel en el mercado interno de Argentina durante el año 2010".

### 5.3. Síntesis de la propuesta de transferencia modal de cereales y oleaginosas

Tabla 3.15. Síntesis de la propuesta del camión al ferrocarril

<b>Transferencia modal de cereales y oleaginosas del camión al ferrocarril</b>	
<b>Qué se propone?</b>	Duplicar la participación del FFCC en el transporte interno de granos y oleaginosas (del 15% al 30%) en el “flete largo” para una producción de granos estimada en 145 millones de toneladas al año 2020
<b>Dónde se implementará ?</b>	En las regiones productoras del país (Centro, NOA, NEA)
<b>Quién será el implementador y qué otros actores se requieren?</b>	La debe impulsar el sector público, y participar activamente los operadores ferroviarios
<b>Por qué la propuesta es importante y debe ser apoyada?</b>	Porque es probablemente la mayor contribución que puede hacer el sector transporte para mitigar las emisiones de GEI, y por la incidencia en la competitividad y en la matriz energética nacional
<b>Cómo se implementará la propuesta ?</b>	Debe establecerse un acuerdo público-privado, comprometerse inversiones (públicas y privadas) y el cumplimiento de regulaciones del transporte carretero de cargas
<b>Qué pasa si no funciona lo planeado?</b>	Continúa el transporte carretero, se corre el riesgo de que las inversiones hayan sido ociosas, congestión severa, ineficiencias
<b>A quién se dirige la propuesta ?</b>	Al sector público (Secretaría de Transporte, ADIF, O.P.) y al sector privado (operadores ferroviarias, acopiadores, terminales)

<b>Transferencia modal de cereales y oleaginosas del camión al ferrocarril</b> <b>Beneficios Esperados</b>	
<b>Empleo ferroviario generado</b>	Se ubicaría en el orden de los 3.000 puestos de trabajo
<b>Reducción de Emisiones</b>	El cambio modal de camión a ferrocarril produce una reducción de 587.500 Tn CO <sub>2</sub> e por año
<b>Beneficios por reducción de emisiones</b>	Los beneficios por reducción de emisiones por cambio modal, a valor presente y considerando una tasa de descuento social de 3%, representan un valor monetario de U\$S 9.987.500 al año
<b>Beneficios por reducción de costos de transporte (flete)</b>	La disminución de costos de transporte por cambio modal hacia el ferrocarril representan U\$S 375 millones al año.

<b>Transferencia modal de cereales y oleaginosas del camión al ferrocarril Inversiones Tecnológicas Necesarias</b>	
<b>Inversiones en Material Rodante</b>	Serían necesarias 113 locomotoras (del tipo GT 22, de 2.400 HP) ,en caso de emplearse material rodante usad, y 107, en caso de emplearse material rodante nuevo. Lo que implica un monto de inversión del orden de los 170 y 320 millones de dólares, en uno y otro caso respectivamente.
<b>Inversiones en Infraestructura</b>	Se estima en U\$S 1.400
<b>Monto de Inversión Total (Material Rodante +Infraestructura)</b>	Se estima en U\$S 2.300 millones en caso de emplearse material rodante usado y U\$S 2.985 millones en caso de emplearse material rodante nuevo.

**Fuente: Elaboración propia**

## 6. PROCESO DE PRIORIZACION DE TECNOLOGIAS

### 6.1. Mapeo de los actores, rueda de consultas y procesamiento de las opiniones

#### 6.1.1. Matriz de identificación y caracterización de los actores

Para realizar el mapeo de los actores clave (Stakeholders), fue fundamental realizar una identificación de los mismos y una primera clasificación en base a sus ámbitos de intervención (Estado, Sector Privado y sociedad en su conjunto)

**Tabla 3.16. Principales actores inicialmente identificados**

Cadena Agropecuaria y Logística	Cadena Residuos Sólidos Urbanos	Sector Público (políticas, regulaciones, inversiones, financiamiento)
Federación de Centros y Entidades Gremiales de Cereales (acopiadores)	CEAMSE((Coordinadora Ecológica Área Metropolitana de Buenos Aires)	Ministerio de Planificación Federal/Secretaría de Transporte
Cámara de Industria Aceitera	Asociación de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (ADIS)	Gobierno/s Provinciales, Municipios
Bolsa de Comercio de Rosario	Asociación de Residuos Sólidos (ARS)	Administración de Infraestructuras Ferroviarias Sociedad del Estado (ADIFSE)
Asociación de Sojeros	ONGs	Ministerio de Ambiente y Espacio Público CABA
Centro de Exportadores de Cereales(CEC)		Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS)
Cámara de Concesionarios Ferroviarios		Municipios RMBA
Asociación de Puertos Privados Comerciales		Sociedad Operadora de Emergencia (SOE SA)
Confederación Argentina del Transporte de Cargas (CATAC)		
Federación Argentina de Entidades Empresarias del Autotransporte de Cargas (FADEACC)		

**Fuente: Elaboración propia**

Una segunda clasificación, se basa en criterios en base su grado de articulación, intereses, influencia, involucramiento y riesgos relacionados con las tecnologías evaluadas

**Tabla 3.17. Actores de la cadena Agropecuaria y Logística**

Actor clave	Sector	Intereses	Grado de Influencia	Grado de involucramiento	Riesgos (Oposición al Cambio Modal)
<b>Acopiadores</b>	Federación de centros y entidades gremiales de cereales	Técnicos, Económicos, Legales y Sociales	MEDIO	ALTO	BAJO
<b>EXPORTADORES Y PROCESADORES</b>	C.E.C (Centro de Exportadores de Cereales) C.I.A.R.A (Cámara de la Industria Aceitera de la R.A)	Técnicos, Económicos, Legales y Sociales	ALTO	ALTO	NULO
<b>PRODUCTORES</b>	Nucleados en diversas entidades	Técnicos, Económicos, Legales y Sociales	MEDIO	ALTO	NULO
<b>Cámara de Puertos Privados Comerciales</b>	Asociación Civil sin fines de lucro	Técnicos, Económicos, Legales y Sociales	MEDIO	ALTO	BAJO
<b>Cámara de Concesionarios Ferroviarios</b>		Técnicos, Económicos, Legales y Sociales	ALTO	ALTO	BAJO
<b>(CATAC) Confederación Argentina del Transporte de Cargas</b>	Entidades de transporte	Técnicos, Económicos, Legales y Sociales	ALTO	ALTO	ALTO
<b>Bolsa de Comercio de Rosario</b>	Asociación Civil sin fines de lucro,	Técnicos, Económicos, Legales y Sociales	ALTO	ALTO	NULO

Fuente: Elaboración Propia

## 6.2. Evaluación de posibles cambios en el empleo dentro del sector

### 6.2.1. Consecuencias de las posibles acciones de cambio modal sobre el empleo

El transporte posibilita el crecimiento económico proporcionando acceso físico a recursos y mercados, facilitando el intercambio y el comercio, fomentando la expansión de la producción y la reducción de sus costos, incrementando así la competitividad de la economía y favoreciendo la creación de nuevos empleos.

### 6.2.2. Impacto de la mayor captación de tráfico de granos por el ferrocarril en la generación de empleo

Los análisis precedentes han considerado la posibilidad de que se produzca una modificación importante en la participación del ferrocarril en la movilización de granos y subproductos. Como ya se ha comentado, el volumen a transportar por ferrocarril pasaría de 13 a 37.7 millones de toneladas (190 %) como resultado del incremento de la producción y la participación ferroviaria. El tonelaje incremental sería de 24.7 millones de toneladas.

¿Cuánto empleo se crearía en la actividad ferroviaria al producirse ese incremento de actividad?

En la tabla que sigue se realizaron los cálculos sobre la base de un operador ferroviario relevante de cargas de Argentina, representativo de los distintos ferrocarriles que operan, el número de agentes que emplea. En el mismo además se indica la distribución de sus empleados en las cuatro áreas empresarias principales y el porcentaje en que se incrementaría su personal en caso que su tráfico aumentara sustancialmente. Finalmente, se estima el número de empleados incremental y su nuevo total.

**Tabla 3.18. Estimación del incremento del empleo en un operador ferroviario representativo de argentina al aumentar el tráfico en 190%**

Área	Número de Agentes Actuales	Variabilidad del Empleo al Aumentar el Tráfico	Número de Agentes Incrementales al Aumentar el Tráfico 190%	Número de Agentes Totales luego de Incrementar el Tráfico en 190%
Mecánica	162	80%	246	408
Infraestructura	258	35%	172	430
Operaciones	917	90%	1.568	2.485
Administración	127	25%	60	187
Total	1.464		2.046	3.502

**Fuente: Elaboración Propia**

El análisis realizado estaría indicando que al incrementarse el tráfico de un operador ferroviario argentino en 190%, bajo sus actuales modalidades operativas, su personal pasaría a ser 139% superior (3.502/1.464) de lo que surgiría una elasticidad positiva entre tráfico y empleo del 0,73%.

El operador ferroviario analizado moviliza 9 millones de toneladas anuales con lo que el incremento de personal mencionado (2.046 agentes), concordante con un incremento del tráfico del 190% agregaría 17.1 millones de toneladas de las 25 millones adicionales proyectadas. Aplicando criterios de proporcionalidad, el empleo ferroviario generado para movilizar 25 millones de toneladas se ubicaría en el orden de los 3.000 puestos de trabajo (2.991).

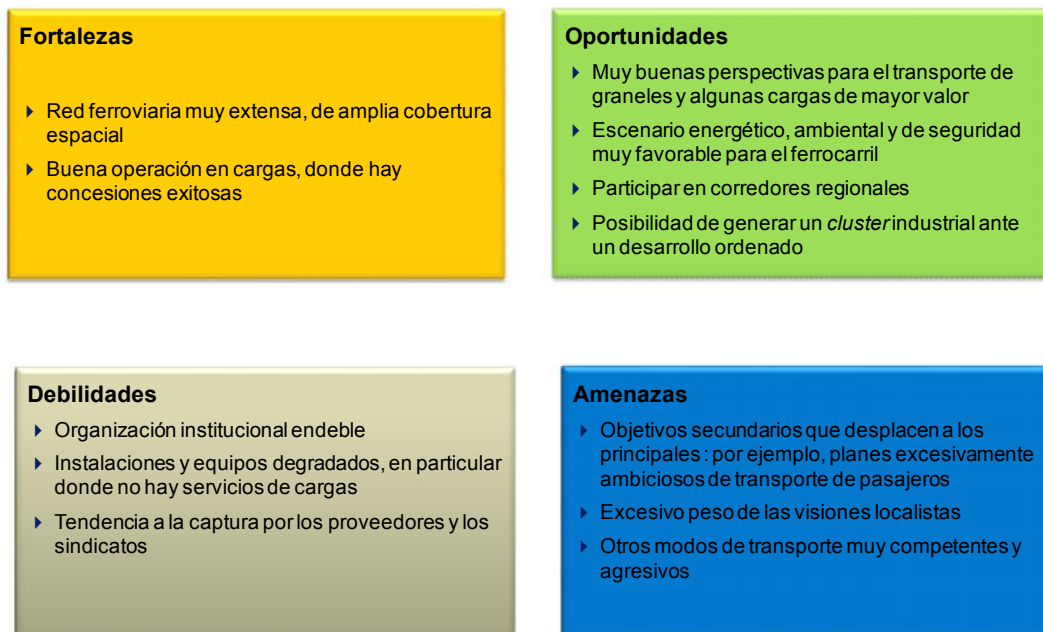


### 6.3. Análisis de mercado potencial para la inserción de las tecnologías

#### 6.3.1. Análisis FODA

El resultado de un análisis FODA destaca principalmente las grandes oportunidades que tiene el transporte ferroviario de cargas, el que sobresalen los granos.

Figura 3.15. Análisis FODA de la Transferencia Modal de Granos



Fuente: Elaboración Propia

### 6.4. Análisis multicriterio de las alternativas tecnológicas

#### 6.4.1. Metodología y criterio

Para evaluar la posible implementación de las tecnologías propuestas, se ha elaborado una matriz multicriterio que servirá como herramienta de evaluación pública. El éxito de la misma dependerá del grado de consenso que se logre entre el sector público y el privado.

El alto grado de participación de los actores involucrados en este estudio ha permitido incorporar a la misma la mejor información disponible, así como las perspectivas y capacidades nacionales, tendientes a impulsar el logro de las tecnologías identificadas.

Se ha utilizado el método del Scoring para identificar la alternativa preferible en un problema de decisión multicriterio.

Las etapas del método son las siguientes:

- (1) Identificar la meta general del problema
- (2) Identificar las alternativas
- (3) Listar los criterios a emplear en la toma de decisión
- (4) asignar una ponderación para cada uno de los criterios
- (5) Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios
- (6) Calcular el score para cada una de las alternativas
- (7) Ordenar las alternativas en función del score.

La Alternativa con el score más alto representa la alternativa a recomendar.

#### Modelo para calcular el score

$$S_j = \sum_i w_i r_{ij}$$

Donde: **r<sub>ij</sub>** = rating de la Alternativa j en función del Criterio i  
**w<sub>i</sub>** = ponderación para cada Criterio i  
**S<sub>j</sub>** = Score para la Alternativa j

El score total es el resultado de la suma de los productos de los scores parciales por su incidencia porcentual.

El principal objetivo de es el de visualizar las distintas oportunidades, y en conjunto con los criterios seleccionados, obtener el modo y la propuesta con mayor potencial. Para ello se han planteado dos escenarios, uno correspondiente a trenes mas largos en y otro de trenes mas pesados. Este ejercicio de planificación servirá para apoyar el desarrollo de políticas de transporte energéticas y medioambientales.

#### **6.4.2. Escenarios**

Se plantean 3 escenarios posibles

- Escenario 1: Impacto de la estrategia de “no hacer nada”
- Escenario 2: Tecnología: Correr trenes más largos
- Escenario 3: Tecnología: Correr trenes más pesados

En el **escenario 1** la alternativa de “no hacer nada” implica que no se habrán de desplegar el conjunto de acciones de políticas ferroviarias y de inversión que permitan alcanzar los tráficos proyectados. De ser así, se entiende que el tráfico seguirá prácticamente estancado con un comportamiento similar al que el conjunto de la actividad ferroviaria ha venido teniendo desde el año 2005 a esta parte, reflejado en el cuadro siguiente:

**Tabla 3.19. Tráfico Ferroviario Total (en millones de toneladas)**

Año	Tráfico	Índice de tráfico 2005= 100
2005	23,4	1,00
2006	23,9	1,02
2007	24,9	1,06
2008	23,6	1,01
2009	20,7	0,88
2010	23,5	1,00
2011	24,2	1,03

**Fuente: Elaboración Propia**

El cuadro anterior indica que en los últimos 6 años, tomando como base el tráfico del año 2005, y luego de las mejoras en eficiencia de años anteriores al 2005, el nivel de actividad se encuentra amesetado, con incrementos inferiores al 1% anual. Hacia adelante, de no mediar un cambio en las políticas, los incentivos y las inversiones, el amesetamiento de la actividad continuará, sin cambios sustanciales en los niveles de tráfico.

Como resultado, la participación del ferrocarril antes mencionada en el transporte de granos y subproductos (15%) se reducirá en función del incremento de la producción que, como también se indicó, se estima alcanzará a 145 millones de toneladas en el año 2020. La participación del ferrocarril caería, a pesar de considerar un incremento del transporte ferroviario del 1% acumulativo anual a 14,4 millones de toneladas, al 11.4%.

La falta de crecimiento en un tráfico central para la actividad ferroviaria argentina no sólo se traduce en un encarecimiento de los movimientos internos con menores ingresos para el productor y baja de la competitividad, sino también en mayor consumo de recursos energéticos en el transporte, mayor congestión y accidentes carreteros, y contaminación ambiental creciente.

El no crecimiento del tráfico de granos también impediría a las empresas ferroviarias acceder a una escala mayor de actividad que le permita, en una actividad de fuertes costos fijos, mayores niveles de eficiencia al crecer sustancialmente el tráfico.

El crecimiento del tráfico facilitaría y justificaría la realización de las inversiones imprescindibles en infraestructura (fundamentalmente vías) a realizar en los próximos años. Esas inversiones se adquieren mayor viabilidad económico-social y, en consecuencia, menos discutibles bajo una perspectiva de la asignación de recursos de la economía en su conjunto, con un sistema ferroviario de niveles de actividad claramente superiores a los actuales que cuente con el tráfico suficiente para poder amortizarlas.

En cuento al análisis multicriterio de los **Escenarios 2 y 3**, el estancamiento que presenta el nivel de actividad responde más a las limitaciones de la oferta, es decir, del conjunto material rodante-infraestructura (potencia de locomotoras, capacidad de vagones –limitados por los bajos pesos por eje-, tipo de enganches) y la eficiencia operativa, asociadas a la logística del transporte de granos, que a carencias por el lado de la demanda

El análisis multicriterio realizado analiza cual de los dos escenarios (trenes más largos versus trenes más pesados) sería el más probable de implementar en el mediano plazo.

De las consultas realizadas y el procesamiento de sus respuestas, se ha arribado a los siguientes resultados:

**Tabla 3.20. Matriz multicriterio**

Dimensión	Criterio	Tecnología		PESOS RELATIVOS	
		Trenes más largos	Trenes más pesados	Parcial (%)	Por dimensión (%)
AMBIENTAL	Reducción de emisiones de GEIs	50	50	6	20
	Impacto en la matriz Energética	75	75	14	
SOCIAL	Reducción de la pobreza	10	10	3	6
	Mejor Calidad de vida	10	10	3	
ECONÓMICA	Mejoras en productividad	100	100	15	40
	Impacto sobre el empleo	25	75	5	
	Requerimientos de inversión	75	25	20	
POLÍTICA/ INSTITUCIONAL	Posibilidades de financiamiento	75	25	7	14
	Barreras institucionales y legales	50	50	7	
TECNOLOGICAS	Posibilidades de implementación	75	25	10	20
	Tiempos de implementación	75	25	10	
<b>SCORE TOTAL POR TECNOLOGÍA APLICADA</b>		69	48	100	100

Los scores para cada criterio varían entre 0 y 100.

Se considera 0 el que tiene el impacto más negativo y 100 el que tiene el impacto más positivo.

Los pesos relativos evalúan sobre un total de 100% la incidencia de cada uno de los criterios de evaluación.

El score total es el resultado de la suma de los productos de los scores parciales por su incidencia porcentual.

**Fuente: Elaboración Propia**

El mayor score obtenido corresponde al escenario 2, que es el de poder correr trenes más largos dado que en el mediano plazo es la que tiene mayores posibilidades de implementación, los costos de inversión son menores con lo cual es la más factible de ser financiada.

### 6.4.3. Matriz de impactos

El éxito de un modelo ferroviario no debe medirse por los recursos que se le asignen (input), ni por la producción que logre (output), sino por las consecuencias (impactos) de esa producción en la sociedad (outcome)

Como puede apreciarse en el análisis realizado, los mayores impactos se atribuyen especialmente a un muy alto al incremento de la productividad, los ahorros de fletes de transporte cercanos a los U\$S 375 millones al año, y a las reducciones de gases de efecto invernadero estimadas en 587.500 Tn CO<sub>2</sub>eq por año, que a valor presente, representarían un valor monetario de U\$S 9.987.500 al año.

El empleo ferroviario generado se ubicaría en el orden de los 3.000 puestos de trabajo

**Tabla 3.21. Matriz de Impactos de la Transferencia Modal de Granos y RSU**

	Reducción emisiones GEI	Mejoras en productividad	Impacto sobre el empleo	Otros impactos ambientales y urbanos	Impacto en la matriz energética	Requerimientos de inversión
Transferencia de granos al FFCC	●	●	◐	◐	◐	●
Transporte por FFCC de residuos urbanos – RMBA	◐	◐	◐	◐	◐	◐

*Impacto positivo:* ○ No significativo    ◐ Bajo    ◑ Medio    ◒ Alto    ◓ Muy alto  
*Impacto negativo:* ○ No significativo    ◐ Bajo    ◑ Medio    ◒ Alto    ◓ Muy alto

Fuente: Elaboración propia

## 7. COMENTARIOS FINALES

---

El sistema ferroviario argentino no está dando respuesta al crecimiento que viene experimentando el transporte de cargas, que en gran parte se compone de productos masivos a granel, adecuados para el transporte por ferrocarril. Esto ha llevado a que la matriz de cargas de nuestro país esté excesivamente volcada hacia el transporte automotor, que actualmente da cuenta del 95% de las toneladas-km transportadas.

En una economía globalizada la eficiencia de la cadena de transporte es relevante. Los costos de logística, y sus externalidades asociadas (medio ambiente, accidentes, energía, etc) pueden dejar al país y a la región fuera de los mercados.

Actualmente ya hay una importante demanda insatisfecha, que se iría ampliando en el futuro según lo afirman las estimaciones del Plan Estratégico Agroalimentario.

Se ha propuesto una meta de transporte ambiciosa, consistente con la magnitud de la mejora en la infraestructura, que permita un cambio significativo en la matriz de cargas del país: duplicar la participación del FFCC en el transporte interno de granos y oleaginosas del 15% al 30%, con lo cual el volumen a transportar por ferrocarril pasaría de 13 a 37.7 millones de toneladas (190 %), como resultado del incremento de la producción y la participación ferroviaria. Este aumento en la participación del ferrocarril, a su vez, se vería reflejado en una reducción en la huella de carbono de los productos agrícolas transportados, mejorando el acceso a los mercados.

Por ello, debe procurarse tener políticas integrales de transporte e infraestructura orientadas a sistemas intermodales de transporte que busquen para cada producto: volumen, distancia, acceso la mejor complementación de modos desde el punto de vista económico, social y ambiental.

## 8. ANEXOS SECCIÓN I

---

### 8.1. LISTA DE ACTORES INVOLUCRADOS

Se han entrevistado los siguientes actores:

#### **Comisión de Transporte de la Bolsa de Comercio de Rosario**

- Ing. Emilio Bernasconi
- Lic. Julio Calzada (Director de Informaciones y Estudios Económicos)
- Ing. Juan Basadonna (Ingeniería en Transporte)
- Lic. Alfredo Sesé (Secretario Técnico en Transporte e Infraestructura)
- Lic. Luis Palermo (Comisión de Transporte)
- Lic. Rogelio Pontón (Director de Informaciones y Estudios Económicos)

#### **Principales actores de la cadena agropecuaria:**

- Representante de los "CORREDORES" Sr. Juan Pablo Galeano corredor de Puertos SRL)
- Representante de los "ACOPIADORES" (Ing. Agrónomo Guillermo E. Llaveró)
- Representante de los "PRODUCTORES" (Sr. Ricardo Delgado)
- Representante de "EXPORTADORES" (Cont. Guillermo Marcotegui -gerente de Bunge)

## 8.2. FICHA DE TECNOLOGÍAS SELECCIONADAS

El informe se define un horizonte de mediano y largo plazo en el que, mediante un conjunto de acciones, se podría lograr un incremento sustancial en la participación del transporte ferroviario en la movilización de granos y subproductos, lo cual permitiría contribuir al crecimiento de la economía y reducir las externalidades negativas, motivo por el cual lo convierte en una opción atractiva para la implantación de un modelo de transporte sustentable.

El análisis realizado partió de las casi 100 millones de toneladas de granos producidas en el año 2010, año en el que el transporte ferroviario de granos y subproductos alcanzó a 12.968.075 toneladas (13 millones a los efectos de este cálculo). La mejor información disponible indica que la participación del ferrocarril frente al camión en los movimientos terrestres de granos y subproductos se ubica en el 15%.

La proyección realizada indica que si la producción de granos del año 2020 habrá de ser de 145 millones de toneladas y se pone como objetivo duplicar la participación del ferrocarril en el "flete largo" (genéricamente, del silo al puerto de exportación) del 15 % al 30%, el volumen a transportar por ferrocarril pasaría de 13 a 37.7 millones de toneladas como resultado del incremento de la producción y la participación ferroviaria. El tonelaje incremental sería de 24.7 millones de toneladas. A los efectos de los cálculos se estimó en 25 millones de toneladas.

La conclusión más importante del estudio es que el potencial de cambio modal está en los granos: transferencia modal de cereales y oleaginosas del camión al ferrocarril.

La rehabilitación general del sistema necesaria para aumentar su participación en el mercado – de las diversas formas en la que se la conciba - implica inversiones de gran magnitud, que no tendrán un retorno social suficiente si no dan lugar a una transferencia modal de gran magnitud

Para lograr una alta eficiencia en el transporte de cargas desde el punto de vista tecnológico puede optarse por apuntar a:

- ▶ Correr trenes más largos que los actuales o a correr trenes más pesados
- ▶ De acuerdo con la opción que se adopte serán variados los requerimientos de inversión en la infraestructura de vías, las playas de maniobra, las obras de arte, los vagones

### **a. Características de las tecnologías a identificadas: correr trenes más largos versus trenes más pesados**

La tendencia mundial en el transporte ferroviario de cargas es a correr trenes cada vez más pesados (más toneladas más vagón) y cada vez más largos (más vagones por tren). Un ejemplo extremo de esa tendencia tiene lugar en la minería donde se desafía permanentemente los límites que tecnológicos en cuanto a los pesos sobre la vías (el contacto rueda-riel) y la extensión de las formaciones. El ferrocarril minero Estrada de Ferro de Carajás, en Brasil, perteneciente a la compañía Vale do Río Doce, moviliza trenes de 330 vagones con 111 toneladas netas de mineral movilizándolo 36.630 toneladas por tren. Carajás, por sí misma, el mayor ferrocarril de cargas latinoamericano, transporta 130 millones de toneladas anuales, 5 veces el tonelaje movido por el sistema ferroviario en su conjunto.



Otro paso en la línea del avance tecnológico viene dado por el empleo creciente del GPS en el control de tráfico. Como se sabe, el sistema de control de tráfico actualmente empleado en los ferrocarriles argentinos de cargas está basado en la Autorización de Uso de Vía (AUV) que establece comunicación radial entre un puesto central de control de tráfico y la tripulación del tren en la locomotora. Las empresas ferroviarias argentinas también emplean actualmente los sistemas de GPS pero sólo para conocer la posición de los trenes, no para autorizar la circulación que se realiza basadas en las AUV. El empleo de GPS facilitaría y haría más eficiente las operaciones eliminando los tiempos asociados al chequeo riguroso y "lento", vía contacto radial, entre el tren y el centro de control de tráfico, de la autorización para circular. La razón central que ha demorado el empleo del GPS para la autorización de la circulación es la deficiente calidad de las comunicaciones en ciertas circunstancias y regiones geográficas, que puede poner en riesgo la seguridad de las operaciones.

#### **b. Potencialidad y aplicabilidad en el país**

Una visión del sistema se expresa en servicios modernos, principalmente a las cargas, el apoyo de una industria proveedora local, y un marco institucional y financiero sólido

- Trenes de carga largos, de alta eficiencia para graneles
- Vínculos ferro-portuarios
- Participación en cargas de alto valor agregado, transporte contenedores, vehículos, etc.
- Enlaces en terminales intermodales
- Servicios acorde con las necesidades logísticas de los clientes

El desafío más inmediato que tiene el sistema ferroviario argentino de cargas para lograr trenes más largos pasa por el reemplazo de los enganches, la introducción de tecnología digital y la adecuación de la infraestructura, con soluciones específicas a la problemática de cada corredor al nuevo largo de trenes.

#### **c. Situación de la tecnología en el país**

Los estándares de nuestros ferrocarriles son relativamente débiles:

- Pesos por eje de 20 ton, en México y Brasil superan las 30 ton.
- Vagones que cargan hasta 55 ton, la mitad que en México o Brasil
- Trenes de hasta 4.000 ton netas en Argentina, que llegan a 6.000 ton. en Colombia y a 10.000 ton en México

#### **d. Beneficios para el desarrollo económico / social y ambiental**

En una perspectiva de política de transporte nacional, probablemente el objetivo principal para la etapa es incrementar la participación del ferrocarril en la matriz nacional de transporte de cargas.

**Tabla 3.22. Beneficios económicos, sociales y ambientales esperados**

<b>BENEFICIOS PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO/ SOCIAL Y AMBIENTAL</b>
El re-direccionamiento de algunos flujos, reduciendo la vulnerabilidad del comercio exterior
Impactará sensiblemente sobre la generación de gases de efecto invernadero y favorecerá un cambio en la matriz energética, reduciendo el consumo de combustibles
El re-direccionamiento de algunos flujos, reduciendo la vulnerabilidad del comercio exterior
La mejora del sistema ferroviario puede abrir la oportunidad de mejorar los vínculos del comercio regional. Requiere análisis de detalle, coordinación con países vecinos
Una mejora masiva en el sistema ferroviario de cargas puede viabilizar el desarrollo de un cluster productivo, propiciando la integración productiva regional

*Fuente: Elaboración Propia*

**e. Beneficios de mitigación del cambio climático**

**Tabla 3.23. Beneficios de Mitigación**

<b>Transferencia modal de cereales y oleaginosas del camión al ferrocarril</b> <b>Beneficios Esperados</b>	
<b>Empleo ferroviario generado</b>	Se ubicaría en el orden de los 3.000 puestos de trabajo
<b>Reducción de Emisiones</b>	El cambio modal de camión a ferrocarril produce una reducción de 587.500 Tn CO <sub>2</sub> e por año
<b>Beneficios por reducción de emisiones</b>	Los beneficios por reducción de emisiones por cambio modal, a valor presente y considerando una tasa de descuento social de 3%, representan un valor monetario de U\$S 9.987.500 al año
<b>Beneficios por reducción de costos de transporte (flete)</b>	La disminución de costos de transporte por cambio modal hacia el ferrocarril representan U\$S 375 millones al año.

**Fuente: Elaboración Propia**

#### **f. Requerimientos financieros y costos**

El costo del enganche por vagón, se ubica en el orden de los US\$ 15.000-17.000. Sin embargo, no todos los vagones, dada su configuración, permitirían el reemplazo de los enganches sin modificaciones mayores en las unidades. Los vagones de granos adquiridos más recientemente, del tipo "gran granero", son los que permiten el reemplazo más fácilmente. En primera instancia, durante el proceso de cambio de un tipo a otro de enganches en toda una flota, no resulta posible mezclar vagones con enganches manuales y enganches automáticos. Sin embargo, de ser estrictamente necesario, pueden emplearse "vagones adaptadores" que permiten la transición entre los vagones con un tipo y otro de enganche que permiten formar conjuntos de vagones de uno y otro tipo de vagón a cada lado del vagón adaptador.

Sobre una flota afectada al transporte de granos y subproductos del orden de las 6.000 unidades, y sin considerar el costo de las modificaciones a realizar en los vagones que no admiten fácilmente el reemplazo, los enganches automáticos a adquirir implicarían un desembolso del orden de los US\$ 90 millones.

El objetivo de lograr trenes más largos requeriría otras inversiones adicionales. Por un lado, requeriría desvíos de cruces, vías segundas y vías en las terminales de cargas y playas de maniobra más largas, para permitir el posicionamiento y los movimientos de formaciones más extensas. Por otro requeriría locomotoras más potentes (no menos de 3000 HP) que las existentes en el sistema ferroviario argentino, que no superan los 2400 HP. Las locomotoras más potentes implican, en general, vías que deben aceptar pesos por eje mayores a las 20 toneladas admitidas actualmente en la trocha ancha, aspecto que es tratado en el punto siguiente.

Es de mencionar que plantear rehabilitaciones de vías con pesos por eje crecientes no implica costos incrementales relevantes.

El costo incremental está determinado por el mayor peso del riel (67,7 kilos por metro en vez de 54) y la mayor cantidad de durmientes por kilómetro de vía (1.700 en vez de 1.500), tal como se indica en el cuadro siguiente.

**Tabla 3.24. Costos de rehabilitaciones de vías bajo distintos pesos por eje (en pesos al 31 de Diciembre de 2011. 1 US\$= 4,32 Arg\$)**

		RED DE ALTA PRESTACIÓN		
		20 ton/eje	25 ton/eje	30 ton/eje
Vel máx (Km/h)	Carga máxima	20 ton/eje	25 ton/eje	30 ton/eje
	Troncos de carga	80	80	80
Rieles	trains de pasajeros	140	140	140
	largo	RLS	RLS	RLS
Durmientes	peso (kg/m)	54	54	67,66
	tipo	H° A°	H° A°	H° A°
Balasto	N°/Km	1500	1600	1700
	tipo	Piedra	Piedra	Piedra
Fijaciones	espesor	0,3	0,3	0,3
	tipo	Pandrol Fast Clip	Pandrol Fast Clip	Pandrol Fast Clip
Radios de curvas	mín (Metros)	1500	1500	1500
Aparatos de vía	tangentes	1 : 12	1 : 12	1 : 12
Inversión en vía (en \$ por Km.)		4.360.815,56	4.455.096,30	4.880.772,23

**Fuente: Elaboración Propia**

El cuadro anterior indica que al realizar una rehabilitación de vía para 30 toneladas por eje en vez de 20 toneladas por eje, el costo correspondiente se incrementa en menos del 12%.

### 8.3. LISTADO DE REFERENCIAS

- Anuarios de diversos años de Ferrocámara, Cámara Empresaria de los Ferrocarriles de Carga de la República Argentina
- APRA (2009) "Cambio Climático Plan de Acción Buenos Aires 2030" Documento elaborado por la Agencia de Protección Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.
- CMNUCC (2002b) Convención Marco sobre el Cambio Climático.
- COHAN, Paul (1993) "Waste by rail: a system that's been wroking on American Railroads". En Revista World Wastes. The Independent Voice.
- CONEA (2006) "Development of spatially disaggregated on-road transport emission inventories for the Metropolitan Area of Buenos Aires, Argentina". Documento elaborado por la Comisión Nacional de Energía Atómica.
- DUSSEL JURADO, Eduardo (2004). "Transferencia ferroviaria de residuos sólidos domiciliarios. Alternativas para el diseño". En Revista Residuos, Año XIV N° 78. Disponible en <http://www.revistaresiduos.com>
- Estadísticas varias de la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT), [www.cnrt.gob.ar](http://www.cnrt.gob.ar)
- GAIOLli, Fabián y TAREKA, Pablo (2001). "EL Cambio Climático y la Polución Urbana". En Publicaciones de Cambio Climático N° 11. Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente. Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. Buenos Aires, Argentina.
- IPCC (2004) Summary for Policymakers.
- IPCC (2007) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment. Reporte del Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge. University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kohon Jorge, "Más y Mejores Trenes: Cambiando la Matriz de Transporte en América Latina y el Caribe, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2011
- Mariana Carvajal (1995) "El tren de la basura". En publicación de CEAMSE "Residuos Sólidos Urbanos" Año 4 N° 8, Argentina.
- PEREZ DEL CAMPO, Pedro (1995) "El transporte de residuos. ¿Una oportunidad mutua para la sociedad y el ferrocarril?". En Revista Retema Medio Ambiente, España.
- PNUMA (2006) "El Cambio Climático en América Latina y el Caribe", Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México
- Rieles con Futuro II, Corporación Andina de Fomento (CAF), en preparación
- UNEP Riso Center on Energy, Climate an Sustainable Development.. Technologies for climate change mitigation – transport section - . Marzo 2011
- [http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/cambio\\_climatico/publicaciones/Polucion\\_urbana/polucion\\_urbana.pdf](http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/cambio_climatico/publicaciones/Polucion_urbana/polucion_urbana.pdf)
- [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg3/es/figure-spm-3.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/es/figure-spm-3.html)
- <http://ceamse.gov.ar>

## 9. BARRERAS PARA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN EL SECTOR TRANSPORTE DE CARGA

Se considera para el análisis de barreras la propuesta priorizada de incrementar la participación del transporte ferroviario en la movilización de granos y subproductos, duplicando su participación en el “flete largo” (genéricamente, del silo al puerto de exportación) de un 15 % a un 30%, pasando a transportar de 13 a 37.7 millones de toneladas (de acuerdo a proyecciones a 2020) como resultado del incremento de la producción y la participación ferroviaria.

De las opciones tecnológicas identificadas, correr trenes más largos (más vagones por tren) que los actuales o a correr trenes más pesados (más toneladas más vagón), se propone para cumplir el objetivo correr trenes más largos que los actuales, dado que en el mediano plazo es la que tiene mayores posibilidades de implementación, los costos de inversión son menores con lo cual es la más factible de ser financiada.

El siguiente análisis de barreras tecnológicas permite la comparación entre las dos tecnologías propuestas a los fines de recomendar la opción tecnológica que tendría mayores posibilidades de implementación en el mediano plazo en la República Argentina.

### 9.1. Barreras tecnológicas

Sin pretender alcanzar los estándares y las productividades operativas que sólo la minería permite, las barreras tecnológicas inmediatas del sistema ferroviario argentino se encuentran en la longitud de los trenes y en el peso de los trenes.

En lo que respecta a la longitud de los trenes las limitaciones vienen dadas principalmente por el tipo de enganche “manual” que emplean los vagones argentinos distintos a los enganches “automáticos” rígidos, que emplean los grandes ferrocarriles mineros a nivel mundial y los ferrocarriles de Estados Unidos y Canadá.

Los enganches manuales empleados en el país, aún empleando los del tipo “reforzado” adoptados más recientemente, sólo permiten traccionar trenes de hasta 80 vagones con doble tracción a cabeza de tren. En la práctica, considerando vagones de una carga neta de hasta 55 toneladas por vagón, implica trenes de 4.400 toneladas netas.

Los desafíos hacia adelante, para permitir trenes más largos, vienen dados por emplear locomotoras distribuidas a lo largo del tren, que pueden presentar distintas posiciones en la formación. La utilización de locomotoras distribuidas a lo largo del tren presenta problemas asociados, principalmente, a la sincronización del frenado, evitando que la maniobra produzca el descarrilamiento de la formación, y a la sincronización del esfuerzo de tracción.

Para lograrlo es necesario reemplazar los enganches manuales por enganches automáticos y, también, emplear a bordo de los trenes tecnología digital y sistemas sofisticados de

comunicación que permitan armonizar las maniobras de frenado y tractivas, testeadas con software que permitan la modelación de las operaciones. Es decir, hacen falta nuevos enganches y avanzar hacia el “tren digital”.

## **9.2. Barreras Regulatorias**

La discusión, dentro de la actividad ferroviaria mundial, acerca de la conveniencia de contar, en un extremo, con sistemas verticalmente integrados en los que una misma empresa tiene a su cargo tanto las operaciones como la infraestructura y la exclusividad del mercado y, en el otro, sistemas basados en el “Open Access” (en el que sobre una infraestructura a cargo de un ente o una empresa “ad hoc”, circulan distintos operadores ferroviarios compitiendo entre sí por el mercado ferroviario) no está aún cerrada, con opiniones a favor de unos y otros. En general, la comunidad ferroviaria latinoamericana, siguiendo el modelo exitoso de los ferrocarriles de carga de Estados Unidos, ha estado más proclive a adoptar el modelo de integración vertical incluyendo algún grado de “acceso competitivo”, esto es, que en determinados casos y condiciones de mercado, se permita la acción comercial de un segundo operador sobre el territorio del primero, aumentando la competencia intraferroviaria.

El modelo de gestión conocido como “Open Access” tiene como ejemplo más visible a los países de la Comunidad Europea donde se viene impulsando, con dificultades de implementación, la introducción de mayor competencia en el mercado de cargas y, más recientemente, en el mercado de los pasajeros de larga distancia. Las dimensiones de los países europeos, reducidas frente a la de países Argentina o Brasil, favorecen la implementación, en esas geografías, de este tipo de modelo de gestión.

Sin embargo, existen voces, entre los actores públicos y privados vinculados a la actividad ferroviaria de algunos países (Brasil, por ejemplo) que señalan que el modelo de gestión basado en concesiones verticalmente integradas, exclusivas (es decir, que sólo la empresa ferroviaria concesionaria puede captar cargas en el territorio de su concesión), no ha permitido el grado de competencia intra-ferroviaria que asegurara un crecimiento más agresivo de la actividad.

En este sentido, una resolución reciente de la Agencia Nacional de Transporte Terrestre (ANTT) de ese país, a cargo de la regulación del sistema ferroviario (la Nro. 3495 de julio de 2011), establece el denominado “derecho de pasaje” entre concesionarios ferroviarios de manera de “compartir la infraestructura ferroviaria” y lograr su “integración operacional” para permitir que una concesionaria pueda recibir o entregar carga, es decir, desplegar no sólo actividad operativa sino también comercial, en el territorio de otra concesionaria. La actividad comercial del concesionario “visitante” es posible en tanto el tráfico a movilizar tenga origen o destino en su propia red.

Esta línea de acción de la ANTT refleja, en cierta manera, la idea de que el diseño original de las concesiones ferroviarias basadas en la integración vertical y la exclusividad comercial merece, transcurridos cerca de 15 años desde el inicio de las concesiones, una revisión regulatoria que permita un mayor “acceso competitivo”.

Las concesiones ferroviarias argentinas están basadas en el modelo de gestión verticalmente integrado con exclusividad comercial en el territorio de la concesión. Más recientemente, en la renegociación de los contratos que ha tenido lugar pocos años atrás, se estableció la

posibilidad de establecer el proceso regulatorio de “demanda insatisfecha”, es decir, que el cargador cuya demanda no era atendida por el concesionario ferroviario que sirve a su territorio podía recurrir a la autoridad regulatoria (la Comisión Nacional de Regulación del Transporte) pidiendo que abriera un proceso que podía conducir a la autorización para operar, en ese tráfico específico, a un segundo operador. En los pocos más de 5 años en los que está vigente esa cláusula, la CNRT no ha tenido lugar ninguna presentación de ese tipo.

La creación de la agencia estatal ADIF (Administración de Infraestructuras Ferroviarias) abre la posibilidad, en el largo plazo, que ese ente tome a su cargo la infraestructura ferroviaria del país y, sobre ella, circulen distintos operadores no exclusivos de un territorio, avanzando hacia opciones de “acceso competitivo” o, abiertamente, de “Open Access” .

Cualquiera sea el modelo de gestión que se adopte, la actividad ferroviaria, por la magnitud de las inversiones y sus largos períodos de maduración requiere previsibilidad.

La mayoría de las concesiones ferroviarias tienen por delante, solo 10 años de vida. Resulta entonces necesario definir cuáles habrán de ser las políticas y el modelo de gestión de largo plazo que habrán de permitir el imprescindible incremento de las inversiones y, por consiguiente, el aumento de la actividad ferroviaria.

### **9.3. Análisis de barreras económicas, técnicas, institucionales, sociales y ambientales**

En cuanto a las barreras para las opciones tecnológicas identificadas, los principales obstáculos se hallan en aspectos técnicos, económicos y políticos.

Las **barreras técnicas** para los trenes más largos, hacen referencia fundamentalmente al tipo de enganche manual que emplean los vagones argentinos, distintos a los enganches automáticos rígidos que emplean los grandes ferrocarriles mineros a nivel mundial y los ferrocarriles de Estados Unidos y Canadá. Para esta opción hacen falta nuevos enganches y avanzar hacia el “tren digital”. En cuanto a los trenes más pesados la dificultad técnica está dada por la necesidad de adecuar la infraestructura ferroviaria para soportar el mayor peso de las cargas.

Los plazos en que se podrían superar estas barreras técnicas para los trenes más largos serían en el mediano plazo, en tanto que para la opción trenes más pesados sería en el largo plazo.

Otras de las barreras identificadas son las **económicas** dados los altos requerimientos de inversión para la implementación de las tecnologías seleccionadas, sin embargo entre la opción trenes más largos o más pesados, estos últimos demandan un mayor flujo de inversión y presentan menos posibilidades de obtener el financiamiento.

Vinculada con las barreras **políticas**, independientemente de las tecnologías y cualquiera sea el modelo de gestión que se adopte, las políticas de la actividad ferroviaria requieren previsibilidad, por la magnitud de las inversiones y sus largos períodos de maduración. Considerando que la mayoría de las concesiones ferroviarias tienen por delante, solo 10 años de vida, resulta necesario definir cuáles serán las políticas y el modelo de gestión de largo plazo que permitirán el incremento de las inversiones necesarias y, por consiguiente, el aumento de la actividad ferroviaria.



Los siguientes listado y tabla sintetizan y complementan el análisis sobre barreras.

**Barreras técnicas:**

- Límites en el material rodante existente: se ha utilizado eficientemente lo existente, para crecer habría que incorporar nuevos equipos.
- Cuellos de botella en la infraestructura: superarlos requiere inversiones fuera del alcance de la operación privada.
- Escasez de instalaciones de carga y descarga ferroviaria (solo algunas de las terminales del área de Rosario pueden recibir granos por tren)

**Barreras sociales:**

- Ferro-urbano (Circunvalar Rosario: Evita cola de camiones)
- Oposición de camioneros

**Barreras Económicas:**

- Escasez de incentivos en los concesionarios privados para realizar las inversiones.
- Altos requerimientos de inversión

**Barreras Políticas:**

- Largos períodos de incertidumbre ferroviaria regulatoria

**Barreras Ambientales:**

- No existen

**Tabla 3.25 Barreras Técnicas, Sociales, Económicas y Ambientales**

BARRERAS	Trenes más largos	Trenes más pesados
<b>Técnicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ El tipo de enganche "manual" que emplean los vagones argentinos distintos a los enganches "automáticos" rígidos, que emplean los grandes ferrocarriles mineros a nivel mundial y los ferrocarriles de Estados Unidos y Canadá.</li> <li>○ Implementación en el mediano plazo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Necesidades de adecuar la infraestructura ferroviaria para soportar mayor peso</li> <li>○ Implementación en el largo plazo</li> </ul>
<b>Sociales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ No existen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ No existen</li> </ul>
<b>Económicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Requerimientos de inversión altos</li> <li>○ Posibilidad de financiamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Requerimientos de inversión muy altos</li> <li>○ Difícil de obtener financiamiento</li> </ul>
<b>Políticas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Largos períodos de incertidumbre ferroviaria regulatoria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Largos períodos de incertidumbre ferroviaria regulatoria</li> </ul>
<b>Ambientales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ No existen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ No existen</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia



### 10.1. Identificación de prioridades

El potencial de cambio modal está en los granos: transferencia modal de cereales y oleaginosas del camión al ferrocarril en el “flete largo” y transferencia modal de cereales y oleaginosas del camión al transporte fluvial en el “flete largo” (con origen en el NOA y NEA).

Acorde con los pronósticos del Plan Estratégico Agroalimentario, el transporte ferroviario tiene un gran potencial. Posee además una gran capacidad de contribuir al crecimiento de la economía y reducir las externalidades negativas, lo cual lo convierte en una opción atractiva para la implantación de un modelo de transporte sustentable.

### 10.2. Propuesta de una agenda de actuación

La estrategia propuesta se centra en los granos la cual implica inversiones de magnitud y claridad respecto al modelo de gestión. Este shock de inversión propuesto generará una escala que puede viabilizar el resurgimiento de la industria ferroviaria. El poder de compra, que derivará en gran parte de fondos públicos, tendría un impacto relevante sobre la actividad y el empleo.

La industria argentina tuvo capacidad de fabricar equipamiento ferroviario nuevo: locomotoras, vagones, rieles, coches de pasajeros, etc., aprovisionando una gran parte de las necesidades de los ferrocarriles. Actualmente está orientada a reparar, rehabilitar y fabricar repuestos. Puede proponerse un programa de desarrollo regionalmente integrado de industria ferroviaria; lo cual requiere de acuerdos, posibles en el marco de la actual política de integración.

El posible *cluster* industrial ferroviario tendrá como clientes a concesionarios y cargadores con financiamiento propio, y a contratistas financiados con recursos públicos. No se lo debe relacionar con la rehabilitación de los viejos talleres ferroviarios. Una de las claves para el desarrollo del aprovisionamiento nacional es la garantía de que la demanda efectiva va a existir

## **11. INTRODUCCIÓN PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO**

---

En función del análisis del sector transporte de productos agrícolas y las tecnologías propuestas se presenta a continuación un Plan de Acción Tecnológico conteniendo un objetivo central, barreras y necesidades y líneas de acción necesarias para superarlas.

Se detallan en el cuadro del PAT otras líneas de acción que incluyen iniciativas actualmente en curso o planificadas por distintos organismos, destacadas por su relevancia o potencial sinergia con futuras acciones y proyectos derivados de la ENT. La idea de proyecto (ver sección siguiente) también se incluye como medida de acción.

Se sugieren además actividades concretas que contribuyen a operativizar las líneas de acción, estableciendo posibles actores, tiempos y presupuestos estimados. En relación al presupuesto, se calculó que las actividades requerirían de US\$ 656.000 para implementarse. El presupuesto del PAT en su conjunto, incluyendo las actividades para todos los sectores de mitigación, se estima en US\$ 6.926.000.

El PAT sugiere además actores estratégicos con representación en la cadena de valor y gestión del sector, que deberían involucrarse en las acciones sugeridas. Estos sectores corresponden al gubernamental, no gubernamental, incluyendo representantes de los trabajadores, sector privado y académico.

Los principales beneficiarios de la implementación de medidas para el sector transporte serán por un lado los productores de equipamientos ferroviarios (existente o potencial), centros de investigación en tecnologías para el sector transporte y concesionarios ferroviarios y por otro, aquellos actores vinculados a la actividad agrícola: productores de granos y oleaginosas, acopiadores y exportadores.

TABLA 3.26. PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO PARA EL SECTOR TRANSPORTE

OBJETIVO GENERAL		Promover la integración y coordinación de sistemas modales de transporte en el sector agrícola				
BARRERAS Y NECESIDADES IDENTIFICADAS		LÍNEAS DE ACCIÓN	ACTIVIDAD PROPUESTA	POSIBLES ACTORES GUBERNAMENTALES	TIEMPO ESTIMADO	PRESUPUESTO ESTIMADO US\$
REGULATORIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de revisar y mejorar el marco institucional y normativo, para acompañar un proceso de transformación del sector.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar el marco regulatorio e institucional vigente, promoviendo su modernización y simplificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesas de trabajo interinstitucionales para la definición de lineamientos políticos.</li> <li>Asistencia técnica para el desarrollo de un marco regulatorio adecuado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Transporte</li> <li>Comisión Nacional de Regulación del Transporte</li> <li>ADIF</li> <li>Consejo Federal del Transporte</li> </ul>	1 año	24.000
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesas de trabajo interinstitucionales para la definición de lineamientos políticos en el tema</li> <li>Asistencia técnica para el desarrollo de instrumentos para incentivar la inversión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Transporte</li> <li>MECON</li> <li>ADIF</li> <li>SOFSE</li> <li>Consejo Federal del Transporte</li> </ul>		
ECONÓMICAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de inversiones de magnitud tanto públicas como privadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promover la inversión de fondos públicos y desarrollar incentivos para la realización de inversiones por parte de concesionarios privados y agencias multilaterales de crédito..</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia técnica para la elaboración e implementación de un plan de difusión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Transporte</li> <li>MINAGRI</li> </ul>	1 año	480.000
DIFUSIÓN Y CAPACITACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de difundir y concientizar sobre la importancia de la eficiencia en el uso de combustibles en transporte y la disminución de GEI.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar campañas de difusión y concientización destinadas a actores con competencia directa en materia de transporte de productos agrícolas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia técnica para la elaboración de un análisis y recomendaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Transporte</li> </ul>	6 meses	10.000
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Difundir y consolidar las políticas y buenas prácticas existentes, actualmente realizadas de manera aislada.</li> </ul>				

ARTICULACIÓN INSTITUCIONAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de articular interinstitucional e intersectorialmente para la mejora de la transferencia modal en el transporte de carga de productos agrícolas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impulsar medidas para la mejora de la capacidad institucional para la regulación, gestión y control, que acompañen las acciones transversales propuestas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conformar mesas de trabajo interinstitucionales para la definición de lineamientos.</li> <li>Asistencia Técnica para la propuesta de un marco institucional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Transporte</li> <li>ADIF</li> <li>SOFSE</li> <li>Consejo Federal de Transporte</li> <li>MINAGRI</li> </ul>	1 año	16.000
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar los modelos de gestión del transporte dotándolo de claridad y favoreciendo una adecuada gestión público-privada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conformar mesas de trabajo interinstitucionales para la definición de lineamientos políticos.</li> <li>Asistencia Técnica para la elaboración de propuesta de modelo de gestión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Transporte</li> <li>Consejo Federal de Transporte</li> </ul>	1 año	16.000
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar el conjunto de componentes de la cadena logística de productos agrícolas alineado con el objetivo de dar una mayor trascendencia al transporte ferroviario mediante Asociaciones Público-Privada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia Técnica para el desarrollo de un mapa de actores de la cadena logística y recomendaciones para la articulación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Transporte</li> <li>MINAGRI</li> </ul>	3 meses	10.000
TECNOLÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de transformar la matriz actual de transporte de productos agrícolas, altamente concentrada en el transporte carretero hacia modos de menor consumo específico de combustible y menos intensivos en carbono.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar medidas para aumentar la participación del ferrocarril en el transporte multimodal como medida de mitigación del cambio climático.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesas de trabajo interinstitucional para acordar áreas de intervención.</li> <li>Asistencia técnica para la identificación de áreas de intervención prioritarias e Ingeniería de financiamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Transporte</li> <li>Comisión Nacional de Regulación del Transporte</li> <li>ADIF</li> <li>SOFSE</li> <li>Consejo Federal del Transporte</li> <li>MINAGRI</li> </ul>	1 años	48.000

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Promover la producción nacional de equipamiento ferroviario y cambios tecnológicos necesarios en vistas de una mayor eficiencia energética del sector de transporte de productos agrícolas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación de un plan de acción específico para Promover la producción nacional de equipamiento ferroviario y cambios tecnológicos necesarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secretaría de Transporte</li> <li>ADIF</li> <li>SOFSE</li> <li>Consejo Federal de Transporte</li> <li>MINCyT</li> </ul>	6 meses	36.000
--	--	---	--	--	---------	--------

## OTRAS LINEAS DE ACCIÓN

### PLANES, PROGRAMAS, PROYECTOS Y MEDIDAS PREVISTOS Y/O EN IMPLEMENTACIÓN

#### 1. Secretaría de Transporte de la Nación

- Plan Quinquenal de Transporte para Argentina**

Elaborado en 2011 el plan resalta tanto metas generales como acciones específicas para el sector a ser implementadas en el período 2012-2016. El fortalecimiento del sistema ferroviario resulta uno de los ejes centrales: el plan se propone restablecer el servicio de ferrocarril como un pilar para los viajes en el AMBA, como también en todos los centros urbanos importantes del país, con un incremento de pasajeros del 40%. El plan también afirma que el transporte férreo debería liderar la integración territorial y el desarrollo productivo de centros urbanos y áreas de agricultura, no solo para el transporte de personas sino también de bienes. Las bases cuentan con cinco ejes estratégicos: el desarrollo productivo; la modernización del transporte; el fortalecimiento institucional del sector transporte; la gestión de los recursos económicos y financieros, y la integración territorial y modal.

- Programa Reactivación del Ferrocarril Gral. Manuel Belgrano**

Es una de las principales redes del país y del continente. Con más de 10.000 km de vías recorría las 14 provincias, y brindaba las únicas conexiones ferroviarias con Chile y Bolivia. En el marco de la ley de reordenamiento ferroviario, que crea dos sociedades del Estado: la Administradora de Infraestructura (ADIF) y la Operadora SOF, se propone la propone una red ferroviaria de cargas activa y eficiente recuperando el ferrocarril Belgrano asociado a 7 corredores estratégicos dentro de la gran red original.

Corredor Salta – Barranqueras – Rosario: aspira a una carga anual de 8 millones de toneladas.

Ramal de conexión internacional C-C14 -C15: representa la restauración de la interconectividad ferroviaria entre Bolivia, los puertos del litoral, los puertos del Pacífico y la vasta zona de influencia del Belgrano.

Ramal C25: Representa la espina dorsal ferroviaria para el desarrollo económico de la provincia de Formosa, integrando la concreción del nuevo puerto provincial sobre el Paraná.

Ramal Tostado – Las Cejas en Santiago del Estero: Corre a lo largo de una cuenca económica que hoy produce 3.900.000 toneladas de granos, subproductos y azúcar, todos ellos susceptibles de ser transportados por tren.

Ramales Mineros: Permiten el transporte para explotaciones mineras actuales y futuras en las provincias de San Juan, La Rioja y Catamarca.

Corredor Central Córdoba: Presta servicios en áreas de riqueza agrícola e industrial.

Vinculación Ferro portuaria Rosario – Zárate – La Plata: Articula con los principales puertos de la región, potenciando el tráfico de contenedores.

En esta primera etapa, se han concentrando los esfuerzos de inversión en los ramales troncales, encarando 23 obras de renovación de vías según los más altos estándares internacionales. Estas obras se realizan en las provincias de Santa Fe, Chaco, Formosa, Salta y Santiago del Estero en coordinación con los gobiernos provinciales, promoviendo el empleo y el desarrollo de la industria ferroviaria nacional.

- **Reconexión del Sistema Ferroviario Nacional con el Puerto de Buenos Aires**

La principal terminal portuaria del país se conectará con los servicios ferroviarios de carga del sur del país a través de las vías del ferrocarril Roca, a través del cual el Puerto Buenos Aires registrará 20 mil movimientos anuales de nuevos de contenedores (equivalentes a 40 mil TEUs), que significará un crecimiento del 4% en el volumen total. Las reformas posibilitan el transporte directo de los productos desde la petroquímica de Bahía Blanca hasta las terminales del puerto utilizando sólo el ferrocarril, sin necesidad del uso de ningún otro medio de transporte. La empresa encargada del recorrido es Ferrosur Roca, y puede transportar hasta 30 vagones contenedores de 40 pies. El trazado, de más de 700 kilómetros, comienza en Bahía Blanca y recorre el sur de la Provincia de Buenos Aires

- **Programa Hidrovía Paraguay – Paraná**

Sus objetivos son 1) Mejorar las condiciones de navegabilidad del sistema Paraguay-Paraná 2) Adaptar y redimensionar la flota 3) Mejorar la infraestructura de los puertos allí emplazados, acorde a los requisitos actuales de intercambio comercial en el área de influencia. Para ello se trabaja en el aspecto operacional de transporte y en el mejoramiento de la infraestructura, en un tramo de 3.442 Km de río, comprendido desde Puerto Cáceres (Brasil), hasta Puerto Nueva Palmira (Uruguay). Recorre Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay.

## **2. Ministerio de Agricultura Ganadería, Ganadería y Pesca**

- **Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal 2010-2016 (PEA2).**

Es el producto final de un proceso participativo que impulsado por el Estado que convoca a todos los actores del Sector Agroalimentario y Agroindustrial Argentino. Siguiendo una metodología predefinida y en ámbitos especialmente diseñados al efecto, se busca desarrollar una visión para el futuro agroalimentario y agroindustrial. El objetivo es impulsar la generación de riqueza económica con mayor valor agregado, en particular en origen, con crecimiento sustentable en el tiempo, equitativo en lo social y sostenible en lo ambiental. El PEA constituye un enorme desafío logístico ya que prevé para el año 2020, una producción de granos de 160 millones de toneladas en el escenario “alto” y de 130 millones de toneladas en el escenario “bajo”, los cuales se concentrarían en la “zona núcleo” del país.

## IDEA DE PROYECTO DE LA ENT

Se propone para la región del Gran Rosario la construcción de:

- Un Corredor de Circunvalación metropolitana de cargas.
- Estaciones de transferencia multimodales de cargas.
- Red de accesos viales y ferroviarios a las terminales de carga.

Estas medidas permitirían mejorar la competitividad de la producción por disminución de costos de transporte: menor tasa de accidentes, menor consumo de combustible y por ende menor contaminación ambiental.

La región del Gran Rosario registra el mayor crecimiento en el transporte de cargas terrestres del país en la última década, con volúmenes anuales del orden de los 10,5 millones de toneladas por vía ferroviaria y más de 112 millones por camión, concentra el 30% del movimiento nacional de cargas de todo tipo. Por los puertos instalados en su entorno se embarcaron, en el 2007, más del 77% de las exportaciones de granos, aceites y subproductos del país (aproximadamente 58 millones sobre los 76 millones del total nacional, lo que ha generado solo en este rubro una movilización del orden 4 millones de viajes anuales en el área y más de 6.800 trenes de carga. (Ver siguiente sección)

## ACTORES ESTRATÉGICOS Y POSIBLES SINERGIAS

**1) ACTORES DEL ÁMBITO GUBERNAMENTAL:** de acuerdo a antecedentes y líneas de acción existentes en el sector Gubernamental se identifican los siguientes actores para establecer posibles sinergias para el desarrollo de medidas planteadas.

- **Secretaría de Transporte dependiente del Ministerio de Interior y Transporte:** Tiene entre sus funciones entender en la elaboración, propuesta y ejecución de la política nacional en materia de transporte proponiendo el marco regulatorio destinado a facilitar su ejecución y entender en el funcionamiento de un sistema integrado de transporte elaborando las medidas y coordinando las acciones que permitan el desarrollo de los modos aéreo, terrestre, fluvial y marítimo, así como del transporte multimodal en condiciones de eficiencia, de conformidad con la legislación y la normativa vigente. Promover los estudios y acciones que tiendan al perfeccionamiento del sistema.
- **Subsecretaría de Transporte Ferroviario - Secretaría de Transporte de la Nación:** Dentro de sus funciones específicas interviene en la elaboración, ejecución y control de las políticas, planes y programas referidos al transporte ferroviario, de carga y de pasajeros; elabora y propone políticas sobre permisos y/o concesión de explotación de los servicios de transporte ferroviario y los pliegos de bases y condiciones para llamados a concurso y/o licitaciones, así como también interviene en los procesos licitatorios, para el otorgamiento de concesiones o contrataciones. Asimismo asiste en la supervisión respecto del funcionamiento de las empresas de cuyo capital social el Estado Nacional tiene participación accionaria.
- **Administración de Infraestructuras Ferroviarias Sociedad del Estado (ADIFSE):** Creada por la Ley N° 26.352 (Reordenamiento Ferroviario), desarrolla planes, programas, proyectos y obras concretas desplegadas en 3 campos de acción: desarrollo humano, integración productiva del territorio e infraestructura. Cuenta con programas específicos organizados en Ejes Estratégicos entre los que se destacan por su injerencia en la ENT el de Red de Interés Federal, Transporte de Cargas y Desarrollo Humano, Tecnológico e Industrial.
- **Operadora Ferroviaria del Estado (SOFSE):** creada por el Artículo 7° de la Ley N° 26.352 (Reordenamiento Ferroviario), contribuye a la integración territorial en el marco del Sistema Multimodal de Transporte. SOFSE tiene como objetivo garantizar, mantener, y desarrollar el sistema de transporte ferroviario, tanto de cargas como de pasajeros, llevando a cabo las acciones necesarias para consolidar un servicio público eficiente acorde a las necesidades de los usuarios.



- **Comisión Nacional de Regulación del Transporte:** Su misión es intervenir en nombre del Estado Nacional, en todo lo que sea relativo al transporte automotor y ferroviario, otorgadas o a otorgar en el futuro a las Provincias como al sector privado y entender en la regulación relativa a la seguridad del transporte automotor y ferroviario en todo el territorio de la Republica Argentina, incluyendo los servicios cuya explotación se transfiere en concesión tanto a las Provincias como al sector privado.
- **Consejo Federal del Transporte:** es un organismo permanente para la concertación y elaboración de políticas federales de transporte en coordinación con el Estado Nacional, las Provincias y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Tiene como función la propuesta, planificación y articulación de políticas estratégicas del área de transporte de pasajeros y de cargas que integren todas las jurisdicciones.
- **Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca:** es el organismo gubernamental responsable de la determinación de los objetivos y las políticas del área y ejecutando los planes, programas y proyectos respectivos, conforme a las directivas del Poder Ejecutivo Nacional. Cuenta en su estructura con la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca que entre otros objetivos 1) elabora y ejecuta planes, programas y políticas de producción, comercialización, tecnología, calidad y sanidad en materia agropecuaria, pesquera, forestal, agroindustrial y agroenergética, coordinando y conciliando los intereses del Gobierno Nacional, las provincias y los diferentes subsectores y 2) promueve la utilización y conservación de los agroecosistemas y recursos naturales destinados a la producción agrícola, frutihortícola, ganadera, forestal y pesquera a fin de acrecentar el capital productivo del país y el desarrollo económico del sector, incluyendo la diferenciación y el valor agregado en origen.
- **Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva:** su misión es orientar la ciencia, la tecnología y la innovación al fortalecimiento de un nuevo modelo productivo que genere mayor inclusión social y mejore la competitividad de la economía Argentina, bajo el paradigma del conocimiento como eje del desarrollo

**2) ACTORES DEL SECTOR PRIVADO:** Operadores ferroviarios y de las terminales portuarias; agentes de la cadena agropecuaria nucleados en diversas entidades (acopiadores, exportadores, productores, sectores de la comercialización e industriales).

**3) ACTORES DEL SECTOR ACADÉMICO:** a nivel local las universidades nacionales, presentes en las diversas regiones del país cuentan con grupos y centros de investigación especializados en transporte que podrían brindar apoyo técnico a los diversos proyectos.

**4) ACTORES DEL SECTOR NO GUBERNAMENTAL:** Federaciones, Centros, Asociaciones, Cámaras que nuclean los diversos actores de la cadena logística son centrales en la definición, diseño e implementación de medidas, como así también su seguimiento.

**5) REPRESENTANTES DE TRABAJADORES:** Entidades gremiales de ferroviarios, camioneros, portuarios y rurales, son actores claves para asegurar los cambios estratégicos e integrales propuestos, fundamentalmente en lo referente a la concientización y capacitación de cuadros técnicos y operativos.

## 12. PROYECTO CIRCUNVALAR ROSARIO

---

### 12.1. Descripción

El proyecto consiste en desarrollar:

- ▶ Un Corredor de Circunvalación metropolitano de cargas.
- ▶ Estaciones de transferencia multimodales de cargas.
- ▶ Red de accesos viales y ferroviarios a las terminales de carga.

Ello requerirá de la implementación de mejoras en las infraestructura, instalaciones y equipamientos para posibilitar y facilitar la movilización, acondicionamiento y conservación de los crecientes volúmenes a producir, donde uno de los factores críticos que puede condicionar esa expansión es la disponibilidad de caminos rurales, rutas, ferrocarriles y accesos ferroviarios a las terminales industriales y de embarque, aptos para canalizar la operatividad del transporte de dicha producción en sus distintas fases.

El proyecto propone la construcción de una traza ferroviaria de 88 km, de doble vía de trocha ancha y una vía de trocha angosta, entre Alvear (al sur de Rosario) y Puerto Gral. San Martín (al norte), paralela a la Ruta Nacional AO 12 y su conexión con Timbúes conformando de esta manera un corredor de transporte de cargas ferroautomotor evitando el ingreso y el tránsito por zonas densamente pobladas del Gran Rosario, con capacidad para operar trenes largos pesados de hasta 120 vagones.

Para ello se propone la instalación de tres patios de maniobras localizados en el trazado al norte, oeste y sur del área y ramales de acceso a las distintas terminales para operar y distribuir los vagones según sus destinos, previendo implementar en dichos patios estaciones de transferencia de cargas intra en íter modales y plataformas de apoyo logístico y de servicio a las cargas

En materia vial se proyecta transformar la ruta A012 en autovía en toda su extensión de 72km y una red de caminos a las terminales portuarias.

Además se proyecta la transformación de esa ruta A012 en una autovía, de 72 km entre Gral Lagos y San Lorenzo y se prevé el diseño de nuevos accesos viales a las terminales portuarias.

### 12.2. Actores

Los actores involucrados corresponden al sector público y al sector privado. En el primer caso figuran la Secretaría de Transporte, la Administración de Infraestructura Ferroviaria (ADIF) y la Operador Ferroviaria (O.F.). En el segundo caso se encuentran los operadores ferroviarios y de las terminales portuarias y todos los agentes de la cadena agropecuaria (acopiadores, exportadores, productores y sectores de la comercialización).

## Actores entrevistados

- **Comisión de Transporte de la Bolsa de Comercio de Rosario:** Ing. Emilio Bernasconi, Lic. Julio Calzada (Director de Informaciones y Estudios Económicos), Ing. Juan Basadonna (Ingeniería en Transporte), Lic. Alfredo Sesé (Secretario Técnico en Transporte e Infraestructura) y el Lic. Luis Palermo (Comisión de Transporte), Lic. Rogelio Pontón (Director de Informaciones y Estudios Económicos)

- **Principales actores de la cadena agropecuaria:** Representante de los "CORREDORES" Sr. Juan Pablo Galeano corredor de Puertos SRL, representante de los "ACOPIADORES" (Ing. Agrónomo Guillermo E. Llaveró), representante de los "PRODUCTORES" (Sr. Ricardo Delgado) y representante de "EXPORTADORES" (Cont. Guillermo Marcotegui -gerente de Bunge)

Todas las opiniones consultadas de "stakeholders" relevantes descartan razones de mercado como el principal motivo que impide una mayor participación ferroviaria. Es cierto que una parte significativa de la producción de granos tiene lugar a distancias cercanas a los puertos de exportación en el área de Rosario, y en esas distancias, cortas, ejerce fuerte competencia. Otra porción, mayor aún, tiene lugar a distancias muy superiores y, aún en éstas, la participación del ferrocarril no supera el 30%.

La clave para impulsar el proyecto sería a través del sector público, y la participación activa de los operadores ferroviarios. Debe establecerse un acuerdo público-privado, comprometerse un shock importante de inversiones públicas y privadas, y llevarse a cabo el cumplimiento de regulaciones del transporte carretero de cargas.

### 12.3. Barreras

- ▶ Sobredimensionar la inversión inicial del proyecto.
- ▶ Incertidumbre sobre los servicios de pasajeros.
- ▶ No contar con una estructura eficaz para la gestión del proyectos

### 12.4. Beneficios

El proyecto Circunvalar evitará la circulación por la ciudad de trenes largos y pesados (hasta 70 vagones); pero no solucionará totalmente las deficiencias o faltantes de los accesos a las más de 20 terminales.

Estas medidas permitirían mejorar la competitividad de la producción por disminución de costos de transporte: menor tasa de accidentes, menor consumo de combustible y por ende menor contaminación ambiental.

La región del Gran Rosario es la que ha tenido el mayor crecimiento en el transporte de cargas terrestres del país en la última década, con volúmenes anuales del orden de los 10,5 millones de toneladas por vía ferroviaria y más de 112 millones por camión, concentra el 30% del movimiento nacional de cargas de todo tipo.

Por los puertos instalados en su entorno se embarcaron, en el 2007, más del 77% de las exportaciones de granos, aceites y subproductos del país (aproximadamente 58 millones sobre los 76 millones del total nacional, lo que ha generado solo en este rubro una movilización del

orden 4 millones de viajes anuales en el área y más de 6.800 trenes de carga.

### 12.5. Inversión y financiamiento

El costo de proyecto fue estimado, a precios del año 2007, en US\$ 1.100 millones de los cuales US\$ 880 millones correspondían a la parte ferroviaria. La parte ferroviaria comprende 420 km de vías entre mejoras en ramales, playas de maniobras y empalmes. Estimativamente, los costos pueden haber crecido al menos un 30% en dólares. De ser así, las inversiones ferroviarias se encontrarían en el orden de los US\$ 1.150 millones.

En sus aspectos centrales, el Programa Circunvalar se encuentra demorado sin fecha definida de reinicio.

**Tabla 3.27. Resumen de inversiones estrictamente ferroviarias para incrementar en 25 millones de toneladas el transporte ferroviario**

Rubro	Monto (US\$)
Locomotoras y Vagones (usados/nuevos)	900/1.585
Proyecto Circunvalar	1.150
Mejoras en los puertos de Bahía Blanca y Quequén	100
Mejoramientos de vías	150
<b>Total</b>	<b>2.300/2.985</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.28. Participación del financiamiento público y privado en la consolidación del transporte ferroviario de granos**

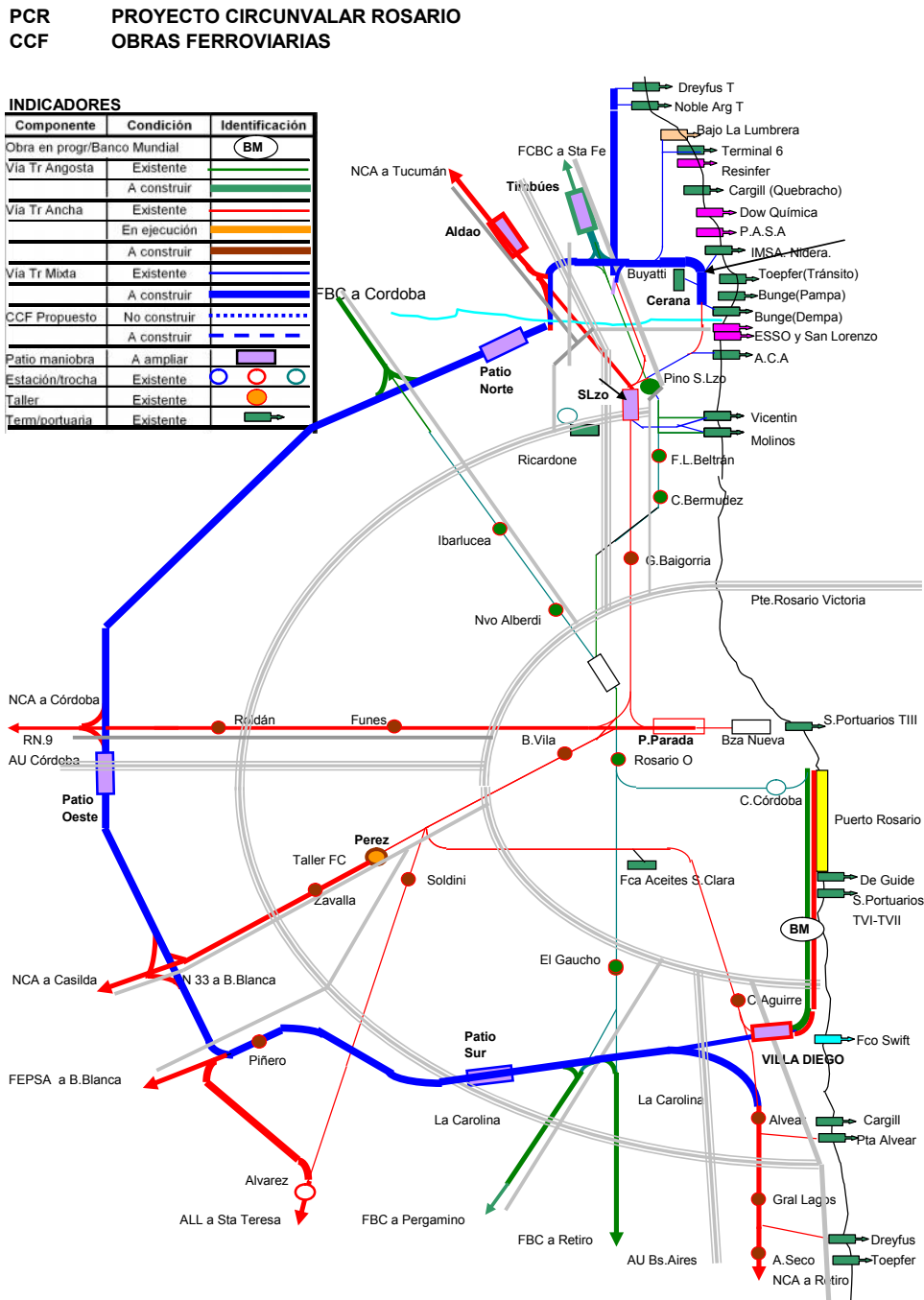
Componente de la Cadena	Financiamiento Público	Financiamiento Privado
Producción/Originación	----	----
Acopio (con Desvío Ferroviario)	----	Acopiadores más empresas ferroviarias
Transporte Ferroviario (Infraestructura de vías)	Principalmente	Marginalmente
Transporte Ferroviario (locomotoras y vagones)	----	Empresas Ferroviarias. Aportes de grandes exportadores
Infraestructura Preportuaria	Principalmente (fundamentalmente Programa Circunvalar)	Empresas Ferroviarias financian obras puntuales que contribuyen a su eficiencia operativa en el marco del Programa Circunvalar
Descarga de Vagones en Puertos	----	Terminales portuarias
Almacenamiento Portuario/Plantas Procesadoras	----	Terminales Portuarias/Plantas Procesadoras

Fuente: Elaboración propia

## 12.6. Análisis de Mercado

Se considera que es posible y conveniente contar con una estrategia de aprovisionamiento nacional, que permita desarrollar un cluster ferroviario integrado regionalmente. La propuesta de un programa de desarrollo regionalmente integrado de industria ferroviaria requiere de acuerdos, posibles en el marco de la actual política de integración. El posible cluster industrial ferroviario tendría como clientes a concesionarios y cargadores con financiamiento propio, y a contratistas financiados con recursos públicos.

Figura 3.16. Proyecto Circunvalar Rosario



## REPORTE III

### SECTOR RESIDUOS

*Tecnologías para el aprovechamiento energético de residuos urbanos y de los sectores agrícola, ganadero y agroindustrial*

## 1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR A NIVEL NACIONAL

### 1.1. Residuos Sólidos Urbanos

La Gestión Integral de residuos sólidos urbanos (RSU) es el conjunto de actividades interdependientes y complementarias que conforman un proceso para el manejo de los residuos domiciliarios, con el objeto de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población. Sus etapas comprenden: generación, higiene urbana, recolección, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final.

En Argentina, la responsabilidad por el manejo de los RSU recae, en general, en los gobiernos municipales. Ello suele reducirse a la realización de la recolección domiciliar e higiene urbana - barrido de calles y limpieza de otros sectores públicos-, y a la disposición final de los residuos efectuada, en muchos casos, en basurales a cielo abierto (BCA) con escasos controles ambientales y técnicos, y con los consiguientes riesgos derivados para la salud y el ambiente.

En estos basurales se produce potencialmente contaminación del suelo, de aguas subterráneas y superficiales, y del aire por los humos nocivos derivados de la quema incontrolada de basura, o por gases generados por la propia descomposición de los residuos. Asimismo, promueven la proliferación de vectores -potenciales transmisores de enfermedades-, el deterioro del paisaje y formas de vida no sostenibles para quienes habitan en sus inmediaciones o manipulan los residuos allí depositados.

Por su parte, las provincias argentinas, donde se reparten los más de 2.200 municipios del país, en su carácter de titulares de los recursos naturales existentes en sus jurisdicciones<sup>15</sup> así como son las beneficiarias de los réditos por su explotación, quedan también obligadas a su cuidado y preservación. Por esta razón, deben evitar los potenciales impactos negativos para el ambiente y la salud de su población, que puedan surgir por un manejo inadecuado de los RSU.

Según los datos del censo de población de 2010, la población en Argentina alcanzó los 40 millones de habitantes con una tasa de urbanización que supera el 90%, y con casi la mitad de la población nacional distribuida en los cinco conglomerados más grandes del país: Área Metropolitana de Buenos Aires, Gran Córdoba, Gran Rosario, Gran Mendoza y Gran La Plata.

Según SAyDS<sup>16</sup> la generación de RSU per cápita media del país se encuentra entre 0,91 y 0,95 kg/hab.día, dependiendo de los distintos saltos de escala, encontrándose un máximo de 1,52 kg/hab.día para la CABA y un mínimo de 0,44 kg/hab.día para la provincia de Misiones. Este indicador, que indica la cantidad de RSU generados por habitante por día en el transcurso de un año, se muestra en la *Figura 4.1* como promedio anual para todo el país<sup>17</sup> mientras que la *Figura 4.2* indica la variación por provincias para el año 2009. El total de generación de RSU

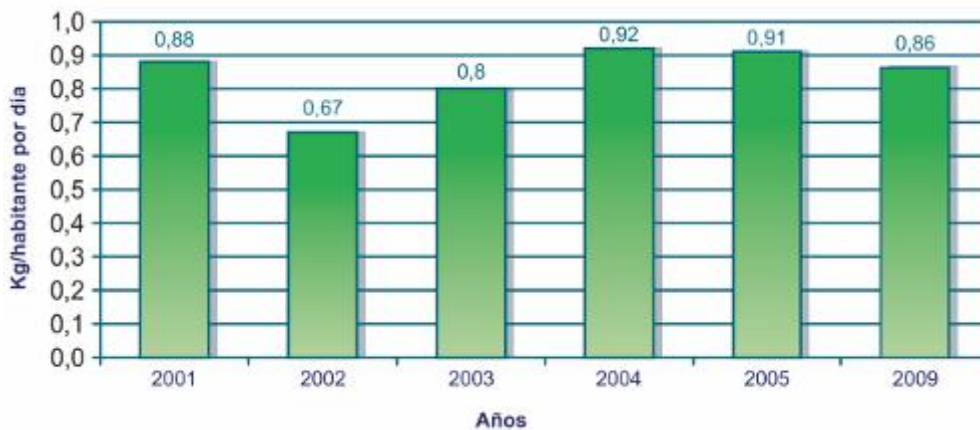
<sup>15</sup> A partir de la reforma constitucional de 1994.

<sup>16</sup> ENGIRSU (2005). SAyDS [www.ambiente.gov.ar](http://www.ambiente.gov.ar)

<sup>17</sup> Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible. 5ta ed. SAyDS. 2010

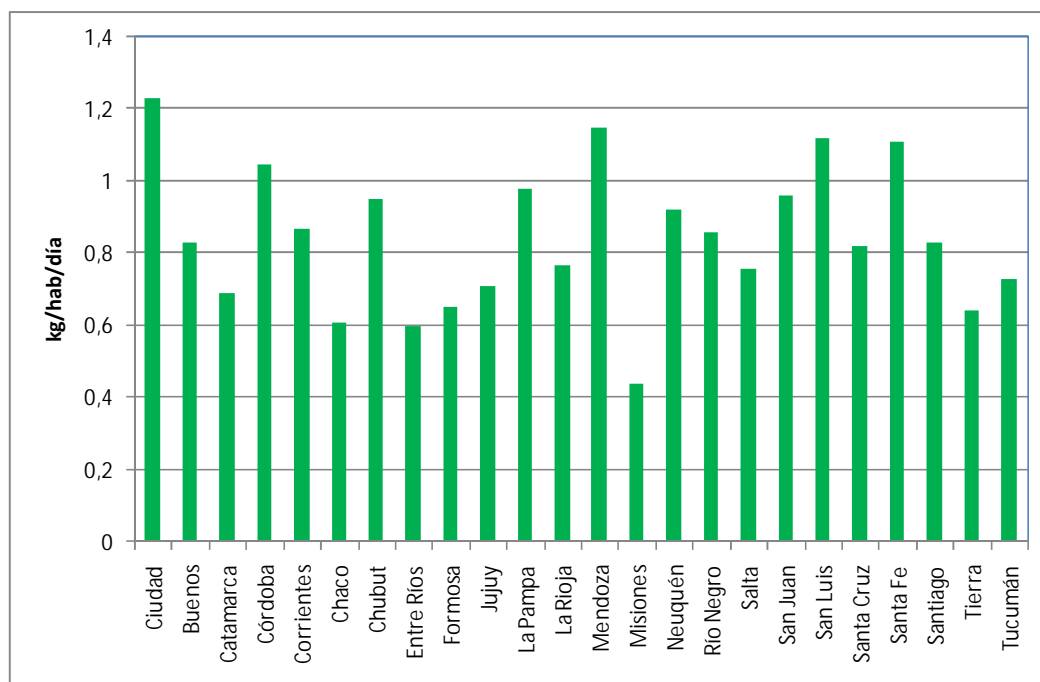
alcanzó 13.153.282 ton. en 2010, siendo el mayor generador la provincia de Buenos Aires con 4.639.934 ton. y el menor Tierra del Fuego, con 31.230 ton. (Figura 4.3.).

Figura 4.1. Generación de RSU.



Fuente: ENGIRSU (2005). Coordinación para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (2009). Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Jefatura de Gabinete de Ministros.

Figura 4.2. Variación de la tasa de generación de RSU durante el año 2009 por provincia.



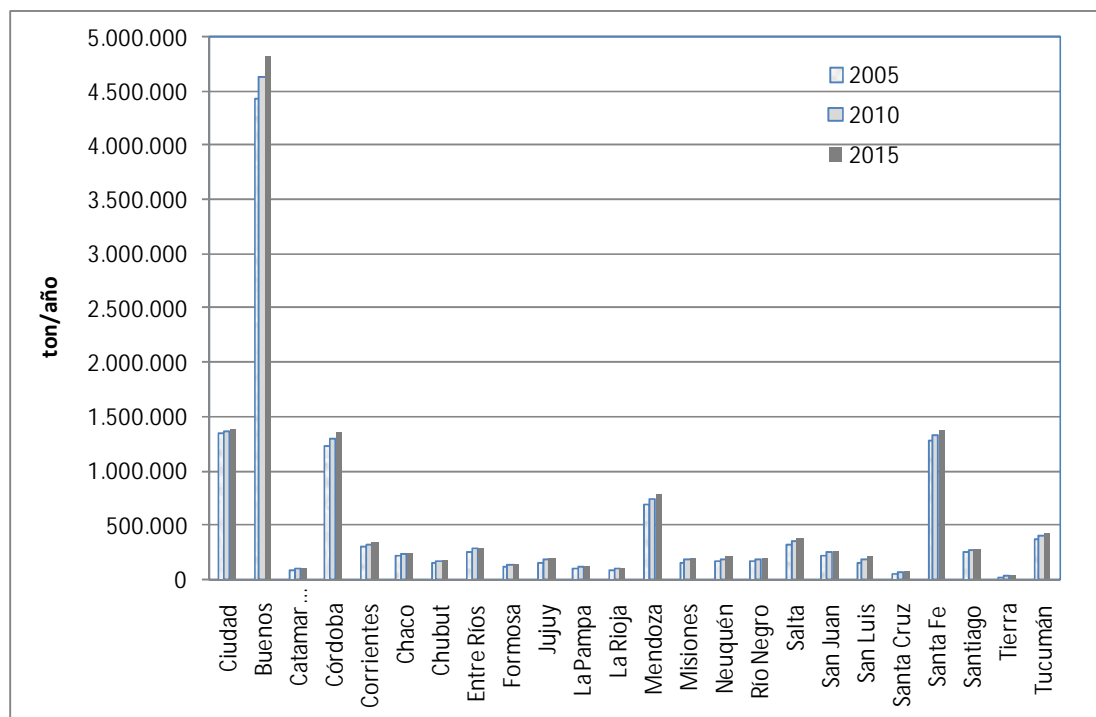
Fuente: González (2010).

En cuanto a la disposición final de RSU, según el mismo estudio de S AyDS en el marco de la ENGIRSU, sobre un total de 130 municipios (Tabla 4.1), se observa que el 71% de aquellos con poblaciones menores a 10.000 habitantes vierten sus residuos en BCA. Los porcentajes siguen



siendo sumamente elevados hasta poblaciones de 100.000 habitantes (56%) y la situación se revierte para poblaciones mayores a 200.000 habitantes donde los RSU se disponen en su mayoría en rellenos controlados (RC) y en menor proporción en disposición semi-controlada (DSC).

**Figura 4.3. Distribución de la generación de RSU en los años 2005 y 2010 y proyección al año 2015.**



Fuente González (2010).

En términos generales, más de la mitad de los RSU generados en Argentina se disponen con condiciones de mediano a bajo control sanitario. Sin embargo, cabe destacar que en esta información no se reflejan los basurales clandestinos que pueden existir, situación que es de particular relevancia para el caso de las ciudades más grandes. Como ejemplo de esto se puede mencionar al Área Metropolitana de Buenos Aires, donde aún contando con el sistema de RC para la disposición final de los RSU, se han detectado 139 BCA clandestinos de variados tamaño y antigüedad (algunos de hasta 13 años, *Figura 4.4*), estimándose que en ellos se encuentran verdidas unas 453.719 toneladas de residuos (Carrillo, R. 2003 en ENGIRSU, 2005<sup>18</sup>).

<sup>18</sup> ENGIRSU (2005). SAyDS [www.ambiente.gov.ar](http://www.ambiente.gov.ar)

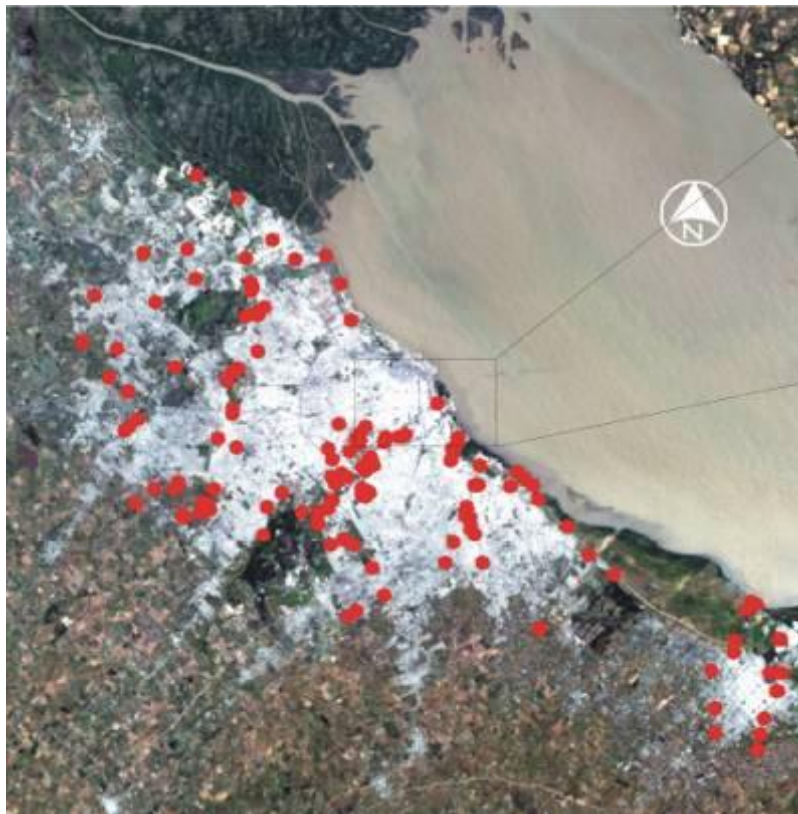
**Tabla 4.1. Tipos de disposición final de RSU por rangos poblacionales (ENGIRSU, 2005)**

Rangos Poblacionales de Municipios	Tn/día RSU	Distribución por tipo de DF		
		RC	DSC	BCA
menos de 9.999 habitantes	3408	0	978	2430
desde 10.000 hasta 49.999	5401	295	1659	3447
desde 50.000 hasta 99.999	3274	574	860	1840
desde 100.000 hasta 199.999	3700	156	3167	377
desde 200.000 hasta 499.999	6733	3707	2419	608
desde 500.000 hasta 999.999	4661	3658	1003	0
más de 1.000.000 habitantes <sup>23</sup>	7057	7057	0	0
<b>Tn/día RSU por Tipo de DF</b>	<b>34235</b>	<b>15447</b>	<b>10085</b>	<b>8702</b>
<b>% RSU dispuesto por tipo</b>	<b>100.0%</b>	<b>45.1%</b>	<b>29.5%</b>	<b>25.4%</b>

RC: Relleno Controlado, DSC: Disposición Semi-controlada, BCA: Basural a Cielo Abierto

Fuente: Relevamiento ad hoc de ENGIRSU con datos del INDEC

**Figura 4.4. Basurales a Cielo Abierto (BCA) según último relevamiento de CEAMSE, año 2004.**



Sobre la imagen se han señalado 139

Fuente: Atlas de la Basura AMBA 2008, Centro de Información Metropolitana. Facultad de Arquitectura y Urbanismo UBA.

Sobre la base de los resultados encontrados para una muestra considerada, los resultados a nivel país indican que en la actualidad más de un 25% de los residuos generados diariamente son vertidos en BCA y que casi un 30% es dispuesto con controles parciales, la mayoría de las veces insuficientes. Asimismo, debe tenerse en cuenta que los escasos controles con los que cuenta la DSC (en el mejor de los casos abarcan protección perimetral, control de ingreso con balanza y cobertura diaria con tierra), hacen que en muchos sitios donde se utiliza este método no alcancen para cumplir los requerimientos mínimos de aptitud y preservación ambiental. Por lo tanto, una porción del 35% de utilización de este sistema de disposición final debe tomarse también como parte del problema existente.

### **1.1.1. Políticas nacionales sobre Residuos Sólidos Urbanos**

Desde el punto de vista institucional, se han implementado en el país a través de la SAyDS diversas políticas conducentes a la formulación de planes de GIRSU, basadas en el establecimiento de directrices generales impartidas desde la administración nacional. Ejemplos de ello han sido el Plan Nacional de Valorización de Residuos (PNVR) desarrollado en 1998, la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, ENGIRSU impulsada desde 2005 y el actual Proyecto Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos PNGIRSU iniciado en 2010 acompañado por el Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en Municipios Turísticos (2011) y los Programas Municipales para la Gestión Integral de RSU lanzado también en 2011. A continuación se presenta una reseña sobre cada uno de los planes mencionados con la finalidad de identificar los objetivos planteados por las diferentes gestiones durante los últimos años y que contribuyen a reflejar el alcance que se le ha dado a esta problemática desde el Estado Nacional.

**PNVR:** A partir de 1998, la SAyDS desarrolló a través de la Dirección de Calidad Ambiental, tareas conducentes a la formulación de un plan que a nivel nacional establecía directrices generales sobre la gestión ambiental de los RSU. El llamado Plan Nacional de Valorización de Residuos priorizaba los siguientes objetivos:

- promover la minimización y recuperación de los residuos optimizando los beneficios sociales y ambientales emergentes
- implementar una gestión consensuada con los agentes involucrados en todo el ciclo de vida de los residuos (organismos gubernamentales provinciales y municipales, empresas, ONGs, y otras organizaciones civiles)
- difundir entre medianos y pequeños asentamientos, la práctica de manejo ambiental de sus residuos sólidos mediante la recuperación y el reciclado de los mismos y la desactivación con remediación de los BCA
- impulsar la formulación de normas nacionales sobre Manejo de RSU y sobre Envases y Embalajes.

Para alcanzar estos objetivos la SAyDS ofreció asistencia técnica, promovió reuniones de intercambio de experiencias entre municipios, orientó hacia posibles fuentes de financiamiento de los proyectos y otorgó apoyo financiero parcial, a modo de incentivo a las iniciativas locales. Dentro del PNVR se recopiló Información económica-social acerca de la gestión de los RSU en Argentina, a partir del análisis de los resultados obtenidos en 28

localidades que en su momento había implementado algún sistema de gestión de residuos<sup>19</sup> detallando los costos de inversión (incluidos obra civil y equipamiento), costos operativos (incluidos consumo de energía y personal), ingresos por ventas de materiales recuperados y empleo de personal. Las plantas detalladas se dedican a la tercera etapa dentro de la secuencia *Generación - Recolección y transporte - Separación y acondicionamiento - Destino final*.

La misma Secretaría realizó una evaluación de desempeño de las plantas de separación de RSU comentando los resultados del relevamiento de trece plantas de recuperación de RSU realizado entre diciembre de 1998 y febrero de 1999 en un documento<sup>20</sup> donde se reflejaron comparativamente las diferentes características en cuanto a ubicación, superficie, equipamiento instalado y métodos de procesamiento y destacando la falta de relación entre ciertos parámetros específicos de cada planta y la cantidad de población atendida.

Hasta el año 2004 no se habían registrado experiencias sobre el aprovechamiento energético de los RSU ni sobre la captura de biogás de los rellenos sanitarios existentes.

**ENGIRSU:** En el año 2005 y en el marco de una planificación nacional, la SAyDS elaboró esta estrategia nacional con el objetivo de plantear las soluciones tendientes a la implementación de una gestión adecuada de RSU en todo el país, basado en un modelo sistematizado de gestión, homogéneo y adaptable a cada lugar. Fundamenta esta planificación en la necesidad de emprender un cambio drástico en las prácticas actuales del manejo de residuos y considerando las estimaciones de incremento en la generación de RSU<sup>21</sup>.

Esta estrategia reunió propuestas de acciones futuras que podrían acordarse con los niveles provinciales y municipales, dando participación a otros sectores involucrados como ONGs y del Tercer Sector, instituciones científicas (académicas y profesionales), operadores privados y demás entes relacionados al manejo de los RSU. Se instaló como el inicio del desarrollo en Argentina de la Gestión Integral de RSU, capitalizando las experiencias positivas y vertebrando los esfuerzos ya existentes en el país, así como estableciendo y planificando los pasos inmediatos a seguir. Se impuso ser actualizada y perfeccionada periódicamente, con la intervención de los actores involucrados y de acuerdo con los distintos escenarios que proporciona el amplio territorio nacional. Los principios fundamentales sobre los cuales se basó su implementación fueron:

- la preservación de la salud pública
- la preservación ambiental

---

<sup>19</sup> Estas localidades estaban distribuidas de la siguiente manera: 3 en la provincia de Buenos Aires, 3 en Córdoba, 2 en Entre Ríos, 4 en La Pampa, 6 en Misiones, 3 en Neuquén, 2 en Río Negro, 1 en San Luis, 3 en Santa Fe y 1 en Tucumán.

<sup>20</sup> Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable; *Evaluación de Desempeño de Plantas de Separación de Residuos Sólidos*. Plan Nacional de Revalorización de Residuos. Dirección de Calidad Ambiental., 53 pág. 1999.

<sup>21</sup> Con la tendencia actual del crecimiento poblacional y su relación directa con la producción de residuos, puede estimarse que para el 2025 habrá un incremento de un 29% en la generación de RSU. Sin embargo, la experiencia mundial muestra que ésta también varía con aspectos relacionados al crecimiento económico de los países, lo cual permite suponer que la generación de RSU se incrementará aún más, con la consiguiente intensificación de riesgos ambientales y para la salud humana (ENGIRSU, 2005).

- la disminución significativa de los residuos a generar y la aplicación de procesos de minimización y valorización, a través de las 4R's (Reducción en origen, Reúso, Reciclado y Recompra de los materiales procesados para su reúso y el reciclado)
- la disposición final de los RSU en forma sostenible, a través la puesta en marcha de rellenos sanitarios apropiados y de la erradicación de los BCA.

Como puede observarse, en ninguno de los principios fundamentales enunciados en la Estrategia 2005 se consideró el aprovechamiento energético de los RSU más allá de los considerados por la reducción del uso de materias primas. Tampoco surge de los cinco objetivos planteados para cumplir con estos principios, como son:

1. la reducción y valorización de RSU
2. la implementación de la GIRSU
3. la clausura de BCA
4. la recopilación, procesamiento y difusión de Información
5. la comunicación y participación.

Esta Estrategia Nacional fue implementada en todo el país, dentro del corto, mediano y largo plazo<sup>22</sup>, dentro de un horizonte temporal establecido en veinte años (2005–2025).

**PNGIRSU:** En el año 2010 a través de la Subsecretaría de Coordinación de Políticas Ambientales de la SAYDS se creó la Coordinación para la GIRSU con los objetivos de:

- implementar la ENGIRSU mediante la complementación de recursos técnicos y financieros, articulando con otras áreas del Gobierno Nacional, Provincial y Municipal,
- brindar apoyo técnico financiero para la elaboración e implementación de Planes Provinciales y Municipales para la GIRSU impulsando el desarrollo de proyectos para la eliminación de basurales a cielo abierto,
- realizar el seguimiento y control de los trabajos que en materia de GIRSU se realicen en el ámbito de la SAYDS,
- fomentar la creación de nuevas oficinas locales de GIRSU destinadas a llevar adelante los Planes Provinciales y Municipales en el marco de la ENGIRSU,
- identificar, analizar y evaluar el estado de situación en las distintas jurisdicciones en lo relativo a la gestión de RSU, considerando sus circunstancias y particularidades,
- propiciar la creación y desarrollar el Observatorio Nacional de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, a los fines de promover la formación, información y comunicación ambiental y las políticas vinculadas con el desarrollo sustentable en la materia,
- confeccionar los instrumentos necesarios para procesar la información que asegure la sostenibilidad ambiental, social y económica de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.

<sup>22</sup> Se establece como corto plazo, 2 años (hasta diciembre de 2007); Mediano Plazo, 3 a 10 años (hasta diciembre de 2015) y Largo Plazo, 11 a 20 años (hasta diciembre de 2025).

Esta coordinación está compuesta por:

1. el Proyecto Nacional para la gestión de los RSU, PNGIRSU
2. el Programa de GIRSU en Municipios Turísticos
3. los Programas Municipales para la GIRSU

El PNGIRSU tiene por finalidad brindar asistencia técnica y económica a modo de incentivo para que las provincias y sus municipios puedan elaborar sus propios planes y sistemas de gestión integral, en el marco de los objetivos de la Estrategia Nacional. También prevé la financiación de los costos de infraestructura para la disposición final y sus sistemas asociados, a través de la construcción de rellenos sanitarios, plantas de tratamiento, estaciones de transferencia y el cierre de BCA, el fortalecimiento institucional de las autoridades involucradas en la gestión de residuos y la elaboración de planes sociales en las diferentes jurisdicciones para la inclusión social de los recuperadores informales de residuos.

Dentro de este programa se han efectuado las licitaciones para:

- la ejecución de obras de infraestructura, instalación y puesta en marcha de una planta de compostaje para separación orgánica en el municipio de Rosario, provincia de Santa Fe (2010),
- la adjudicación de la obra para el Diseño, Construcción y Operación del Centro de Disposición Final y de sus Sistemas Asociados en el Municipio de General Pueyrredón, provincia de Buenos Aires (2010),
- adjudicar la obra para el Diseño, Construcción y Operación del Centro de Disposición Final y Estaciones de Separación y Transferencia en la Región I - Provincia del Chubut Consorcio Público Intermunicipal de Gestión de Residuos Sólidos,
- realizar el Acondicionamiento y Mejoras en la Planta de Separación del Municipio de General Pueyrredón, provincia de Buenos Aires (2010),
- alcanzar la Clausura y Saneamiento de Microbasurales en el Municipio de Córdoba (2009),
- la Adquisición de Equipamiento para minimización, recuperación y reciclaje de residuos, Municipio de Rosario, provincia de Santa Fe (2008),
- realizar una consultoría para desarrollar el Plan Provincial de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos de la Provincia de Santa Fe.

El Programa de GIRSU en Municipios Turísticos tiene como objetivo apoyar la sustentabilidad ambiental del turismo en los municipios turísticos de Argentina mediante proyectos que: (i) implementen soluciones técnicas, ambientales y financieramente viables; (ii) fortalezcan las capacidades de los municipios para que puedan ejercer efectivamente sus competencias en materia de gestión de residuos; y (iii) amplíen la conciencia y participación de las comunidades locales en esta materia. Se ejecuta conjuntamente con la Secretaría de Turismo y hasta la fecha se han realizado:

- la adjudicación de una consultoría para el estudio Planificación, prefactibilidad y diseño de la ingeniería de detalle y elaboración de pliegos de las obras para la

implementación de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Luján - Provincia de Buenos Aires,

- la adjudicación de la obra de Implementación de Sistema GIRSU, que comprende la Construcción de un Centro Ambiental y el Saneamiento del Basural a Cielo Abierto en la Localidad de Termas de Río Hondo – Provincia de Santiago del Estero
- la adjudicación de una consultoría para el estudio “Estudio Planificación, prefactibilidad y diseño de la ingeniería de detalle y elaboración de pliegos de las obras para la implementación de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en los Municipios de La Quiaca, Humahuaca, Tilcara, Maimará, Purmamarca y Tumbaya - Provincia de Jujuy”,
- la adjudicación de una consultoría para el estudio “Planificación, prefactibilidad y diseño de la ingeniería de detalle y elaboración de pliegos de las obras para la implementación de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en los Municipios de Villa Gesell, Pinamar, de la Costa, General Madariaga y General Lavalle - Provincia de Buenos Aires,
- la adjudicación de licitación para la obra de “Implementación de Sistema GIRSU, que comprende la construcción de un módulo de relleno sanitario y el saneamiento del basural a cielo abierto en la Localidad de Malargüe, Provincia de Mendoza”,
- la adjudicación de la obra de “Implementación de Sistema GIRSU, que comprende la Construcción de una Planta de Separación y Recuperación de materiales, Construcción de un módulo de disposición final y el saneamiento de dos basurales a cielo abierto existentes en el Departamento de General Alvear – Provincia de Mendoza,
- la adjudicación de una consultoría para la “Planificación, estudios de pre factibilidad, diseños de la ingeniería de detalle y elaboración de pliegos de las obras para la implementación de la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Paraná – Provincia de Entre Ríos”

Los Programas Municipales para la GIRSU tienen como objetivos brindar asistencia técnico financiera a provincias y municipios de todo el país a los fines de lograr una gestión sustentable de los RSU, a través del desarrollo de proyectos en lo referente a:

- la elaboración y desarrollo de Planes Integrales de GIRSU,
- la ejecución de proyectos para la eliminación de BCA,
- la construcción de rellenos sanitarios o la ampliación de rellenos existentes,
- el montaje de plantas de separación y reciclaje de RSU, y la adquisición de equipamiento para la misma,
- la adquisición de vehículos destinados a la recolección de residuos y maquinaria asociada a la adecuada gestión de los mismos y
- el desarrollo y ejecución de programas de gestión y capacitación en materia de residuos.

Como puede observarse, todas las políticas y programas implementados hasta el presente incluidas las acciones concretas como las licitaciones adjudicadas, han focalizado su acción en alcanzar el cierre de los BCA, priorizando la construcción de centros de disposición final

regionales, plantas de tratamiento, estaciones de transferencia y la construcción de rellenos sanitarios o la ampliación de los existentes. También han promovido la gestión consensuada con los agentes involucrados en todo el ciclo de vida de los residuos y la inclusión social de los recuperadores informales de residuos, tratando de fomentar emprendimientos sostenibles bajo una perspectiva federal.

Salvo la recuperación de materiales y el compostaje, no se mencionan en todos estos programas, tecnologías para el aprovechamiento energético de los RSU. Con respecto al biogás, sólo en el Anexo C de la ENGIRSU se lo menciona en el marco del potencial de desarrollo de proyectos bajo del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) que ofrece Argentina aunque se indica que, *"...al ser los BCA poco profundos y sin control alguno, se dificulta la generación y captación del metano, debiendo de todos modos estudiarse en cada caso particular, la posibilidad de captar el biogás"*.

De los proyectos en marcha se observa que los programas de recuperación de materiales en plantas de separación más que alcanzar especificaciones técnicas adecuadas de los materiales separados pretenden cumplir una función social incorporando a un trabajo semi-organizado a los recuperadores del circuito informal de los residuos.

Una iniciativa proveniente de una institución del Estado como es el INTI<sup>23</sup> se encuentra trabajando en la conformación de un proyecto que integra todos los eslabones de la cadena de valor de los RSU. La misma se inicia con la separación diferenciada y recolección especial de los insumos valorizables, su acopio, enfardado e inicio de transformación. Por la línea de los derivados de plásticos se prevé una primer planta de molienda, lavado y secado y una segunda – abastecida por ésta - Planta de Fabricación de Productos Plásticos derivados de RSU. La línea de los materiales celulósicos supone la clasificación y enfardado de los diversos tipos de insumos y el análisis para la posible transformación en productos finales como cartón gris, papel madera y otros. Para completar la amplia gama de residuos domiciliarios se está en la etapa de investigación y desarrollo de una Planta de Reciclado de Sólidos Orgánicos (RSO) en la cual, se plantean dos alternativas: el Compostaje, ligado a la lombricultura y la otra, al proceso de biodigestión para la generación de biogás con proyección de uso energético<sup>24</sup>.

Otra iniciativa con participación oficial se lleva adelante en Rosario, donde a través de la Secretaría de Promoción Social se está implementando un proceso de inserción social de diferentes grupos asociativos (cooperativas, vecinales, grupos auto organizados, etc.) con la problemática medio ambiental, utilizando los RSU como recurso estratégico. Para ello se efectúa el procesamiento de los residuos (enfardado, molido, agrumado, etc), a través de maquinaria y herramientas provistas por la Municipalidad, permitiendo otorgar un valor agregado a los productos. Desde Septiembre de 2004, se han investigado y puesto en práctica distintos procesos de aprovechamiento del material inorgánico que forman parte de los RSU, tales como plásticos, cartón, vidrio, papel, etc. Sobre cada uno de estos procesos se han vinculado emprendimientos productivos que suman alrededor de 55 y vinculan entre sí a más de 120 grupos asociativos.

Múltiples iniciativas de este tipo, con mayor o menor nivel de organización se están implementando a lo largo de todo el país con la finalidad de alcanzar algún grado de separación de los residuos casi siempre en ausencia de separación en origen. Al respecto, unas

---

<sup>23</sup> Instituto Nacional de Tecnología Industrial. [www.inti.gob.ar](http://www.inti.gob.ar)

<sup>24</sup> [www.inti.gob.ar/girsu](http://www.inti.gob.ar/girsu)



pocas iniciativas informales se han puesto en marcha en la ciudad de Buenos Aires, a propuesta de las organizaciones de recicladores y en algunos barrios específicos sin alcanzar mayor envergadura ni su permanencia en el tiempo.

La Ley Nacional N° 26.916 de Protección Ambiental para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios determina los presupuestos mínimos para la gestión de los residuos domiciliarios. Entre los principales objetivos figuran la valorización a través de métodos y procesos adecuados y la minimización de los residuos con destino a disposición final. Establece así mismo, la coordinación inter-jurisdiccional a cargo del Consejo Federal del Medio Ambiente (COFEMA) y la Autoridad de Aplicación, actualmente a cargo de la SAyDS. En su art. 23 establece que el organismo de coordinación deberá consensuar políticas de gestión integral de los residuos domiciliarios, acordar criterios técnicos y ambientales a emplear en las distintas etapas de la gestión integral y consensuar, junto a la Autoridad de Aplicación, las metas de valorización de residuos domiciliarios. No se encuentra a nivel nacional una norma técnica que regule la Gestión Integral de los Residuos Domiciliarios; sólo algunas disposiciones técnicas, sobre todo para las etapas de tratamiento, transferencia y disposición final, tales como la obligatoriedad de no ubicar centros de disposición final en sitios que sean inundables (v. art. 21).

En la provincia de Buenos Aires, la Legislatura sancionó en el año 2006 su propia ley de gestión de RSU –la Ley N° 13.592–, que obliga a los Municipios a la erradicación de basurales, apunta a incorporar gradualmente la separación en origen, la revalorización y reciclaje, establece metas de reducción para la disposición final de residuos en relleno sanitario (debe reducirse el 30% de la cantidad total dispuesta dentro del plazo de 5 años, contado desde la aprobación del plan de gestión municipal por parte de la autoridad ambiental provincial).

En la Ciudad de Buenos Aires, a fines de 2005 se aprobó la Ley 1.854, más conocida como “Basura Cero”, reglamentada a mediados de 2007. La norma establece la reducción progresiva del enterramiento de residuos en un 30 % para el año 2010, con vistas a que en 2012 se reduzca a la mitad, y para el 2017, en un 75 %: La ley, además, prohíbe la incineración de desechos y el enterramiento para garantizar su reaprovechamiento. Las acciones gubernamentales no han podido alcanzar las metas de la primera etapa ya que al año 2007 se hallaban dispuestas aproximadamente 5.200.000 ton de RSU a un promedio diario de 14.250 ton. en los rellenos sanitarios gestionados por CEAMSE<sup>25</sup>, cifra que ha mostrado un aumento progresivo durante los últimos años. Cabe destacar que el 35% del total de la población argentina se concentra en el Área metropolitana, el 40% de las industrias están localizadas en la misma área y el 40% del total de los residuos del país se genera en esta región.

Existe un particular énfasis en las organizaciones no gubernamentales en incentivar la implementación de separación en origen de los materiales inorgánicos, en imponer resistencias más fuertes para la instalación de nuevos rellenos (situación que derivó en la sobreexplotación de los rellenos hoy disponibles) y en destacar la ineficiencia de las incineradoras de residuos poniendo énfasis en los aspectos más desfavorables de la tecnología, como la emisiones a la atmósfera de sustancias químicas persistentes, tóxicas y bioacumulativas y la generación de escorias y cenizas volantes aludiendo a que no constituyen una fuente de energía limpia.

---

<sup>25</sup> **CEAMSE**, Sociedad del Estado de carácter inter-jurisdiccional, ya que su capital accionario lo comparte en partes iguales el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires y el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. [www.ceamse.gov.ar](http://www.ceamse.gov.ar)

En términos de emisiones de GEIs, el sector de los Residuos Sólidos Urbanos generaba al año 2000 emisiones de metano equivalentes a 7.501 tCO<sub>2</sub>eq (357 Gg de metano) lo que representaba el 2.66 % del total de emisiones del país y el 57% del Sector Residuos. Estos valores mostraron un incremento del 71% en el año 2000 respecto del año 1990<sup>26</sup> y tienen una proyección significativamente creciente al año 2030 alcanzando 2660 Gg de metano (incrementando también la participación de este sub-sector dentro del sector Residuos al 83%)<sup>27</sup>.

Cabe destacar que en el Inventario de GEIs de Argentina correspondiente al año 2000, las emisiones de metano procedentes de vertederos de RSU constituyen una de las categorías principales de fuentes según la definición establecida en las Guías de Buenas Prácticas del IPCC<sup>28</sup>, ocupando el sexto lugar, dentro de un total de nueve categorías identificadas, por debajo de las emisiones fugitivas de metano procedentes de las actividades del petróleo y gas natural y por encima de las emisiones de metano provenientes del tratamiento de aguas residuales.

El Protocolo de Kyoto, a través del MDL, ha sido una herramienta para la promoción de proyectos de captura y destrucción del metano con el fin de reducir emisiones de este gas de efecto invernadero para los países en desarrollo (no Anexo I) y Argentina no ha escapado a esto. Al año 2011 existen en Argentina doce proyectos registrados bajo el MDL<sup>29</sup>, de los cuales siete se encuentran en operación y seis han certificado periódicamente reducción de emisiones. Sólo dos de los proyectos que capturan GRS han avanzado en el uso energético de este recurso renovable, uno para la generación de electricidad para autoconsumo y otro como energía térmica para el tratamiento de residuos patogénicos. De los proyectos en operación, sólo dos se han desarrollado con tecnología y recursos locales mientras que el resto ha recurrido a tecnologías holandesa, canadiense, española, italiana y suiza.

Desde el punto de vista del mercado de producción de energía primaria de Argentina, la generación de electricidad se ha realizado principalmente en base a combustibles fósiles, principalmente gas natural y fuel oil. A principios de 2007 se promulgó la Ley Nacional N° 26.190 de Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la producción de energía eléctrica a través de la cual declara de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables con destino a la prestación de servicio público. El objetivo de esta ley es lograr una contribución de las fuentes de energía renovable hasta alcanzar el 8% del consumo de energía eléctrica nacional, en el plazo de 10 años a partir de su puesta en vigencia y establece una remuneración de hasta 0,015 AR \$/kWh efectivamente generado por sistemas de energía geotérmica, mareomotriz, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y

---

<sup>26</sup> Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático de Gases de efecto invernadero. 2005. Tomo III; Tabla 3.6-13, pág. 621. <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>

<sup>27</sup> Argentina: Diagnóstico, Prospectivas y lineamientos para definir Estrategias posibles ante el Cambio Climático. Producto 2: "Proyecciones anuales de las emisiones de GEI, destacando en el análisis los años 2010, 2020 y 2030". Escenario Tendencial (BAU). Proyecto realizado para la Comercializadora de Energía del MERCOSUR S.A. (CEMSA) Buenos Aires, Argentina. Julio 2008. Fundación Bariloche.

<sup>28</sup> Según IPCC IPCC Good Practice Guidance (Capítulo 7, Methodological Choice and Recalculation) *"...una categoría principal de fuentes es aquella que es priorizada dentro del sistema nacional de inventarios porque su estimación tiene una influencia significativa sobre el inventario total del país en términos de niveles absolutos de emisiones, de la tendencia de sus emisiones o ambos"*..

<sup>29</sup> <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>

biogás, a instalarse que vuelquen su energía en los mercados mayoristas o estén destinados a la prestación de servicios públicos.

Desde el punto de vista de las emisiones de GEIs, el sector Energía concentró durante el período 1992-2005 el 49 % del total de las emisiones del país, del cual el 13.05 % lo representa la industria energética<sup>30</sup>.

## 1.2. Residuos Agropecuarios

Se consideran como residuos agropecuarios a aquellos generados en las actividades del sector primario de la producción agropecuaria, ganadera, pesca, forestal y alimenticia.

Los sectores de cría intensiva de ganado bovino, porcino y avícola han experimentado en Argentina una serie de cambios que en los últimos años se ha evidenciado en una mayor concentración de establecimientos y en el aumento de las capacidades de producción. En los casos en que los establecimientos se encuentran cercanos a centros poblacionales, el inadecuado manejo de los residuos y efluentes genera impactos desfavorables sobre el ambiente y la calidad de vida de la población.

Según un estudio desarrollado por la Facultad de Ingeniería (UNCPBA) bajo contrato con el Banco Mundial y coordinado por el Fondo Argentino de Carbono<sup>31</sup> la práctica común respecto al manejo de residuos y efluentes observada a partir de la información obtenida a través de encuestas y visitas a los establecimientos productivos, indica que los efluentes son vertidos dentro o fuera del sistema en forma de sólidos o semi-fluidos o bien manipulados como líquidos que se almacenan en excavaciones precarias (lagunas abiertas), sin aislación con el suelo.

En la mayoría de los casos no se controla ni el tiempo de residencia de los efluentes en las mismas ni su calidad en la descarga, la que en algunos casos se distribuye dentro del mismo predio del establecimiento con fines de riego o de "fertilización", aún sin conocer los niveles de nutrientes que pudiera aportar al sistema ni la capacidad de amortiguación del ecosistema para absorber los mismos y en otros casos se descarga al sistema de alcantarillado fuera de los establecimientos. También surge de las encuestas, que si bien los productores son conscientes del daño que el inadecuado manejo de los efluentes puede provocar en el medioambiente - aún descargando dentro de su mismo predio- se observa escasa o nula iniciativa para modificar esta práctica, ya sea por el riesgo y los costos asociados a la implementación de una nueva tecnología, como por la ausencia de controles sobre el cumplimiento de las normativas vigentes (vinculadas a los límites permitidos de descarga de efluentes al medio físico) que hace que esta situación persista a lo largo del tiempo.

---

<sup>30</sup> Argentina: Diagnóstico, Prospectivas y lineamientos para definir Estrategias posibles ante el Cambio Climático. Producto 1: "Evolución anual de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la República Argentina en el período 1990-2005". Proyecto realizado para la Comercializadora de Energía del MERCOSUR S.A. (CEMSA). Fundación Bariloche.

<sup>31</sup> Evaluación, diagnóstico y propuestas de acción para la mejora de las problemáticas ambientales y mitigación de gases de efecto invernadero vinculadas a la producción porcina, bovina (feedlots y tambos) y avícola. UNCPBA; Facultad de Ingeniería (Santalla, Córdoba y Crozza). 209 pág. 2008. Informe para el Banco Mundial BIRF a través del Fondo Argentino de Carbono. Contrato UNCPBA - Banco Mundial N° 7145486 <http://www.ambiente.gov.ar/?Idarticulo=6878>. 2008.

Dentro del **sector feedlots**, los productores aluden a la ausencia de políticas claras y a largo plazo como una de las principales barreras para realizar inversiones en proyectos ambientales y de mejora de las prácticas habituales. Las fluctuaciones de la actividad en función de reglas variables del mercado y de las nuevas regulaciones impiden focalizar la acción en las mejoras de las prácticas y en la mitigación de los impactos ambientales, al menos hasta alcanzar cierto nivel de estabilidad en la producción y por ende en la rentabilidad.

En la mayoría de los establecimientos de feedlot no se aplica ningún sistema de manejo del estiércol; la mayoría recicla los residuos dentro del mismo predio aunque un porcentaje importante lo vierte fuera del sistema, generalmente en forma semi-fluida ya que prácticamente no realizan separación de sólidos. Cálculos preliminares referidos en el estudio mencionado (Santalla y colab. 2008) en base al registro de productores de feed lot indica una generación de estiércol que varía entre 50 (Córdoba) hasta 1900 ton/día (Buenos Aires).

En el **sector lechería**, alcanzar la estabilidad de la actividad asegurando mejores niveles de rentabilidad, lograr la construcción de capital social y alcanzar el planeamiento estratégico, han sido los objetivos primarios que a lo largo de los últimos años ha perseguido la actividad sectorial.

Con la finalidad de mantener las condiciones sanitarias de los sectores de espera y de ordeño, el agua es un recurso indispensable en este sector, ya que se utiliza para la limpieza diaria en cantidad abundante. Estos efluentes, con alta carga de sólidos y de materia orgánica se descargan en la mayoría de los establecimientos en lagunas abiertas, sin impermeabilización, en las cuales pasan por diferentes etapas de descomposición. En algunos casos, cuando la capacidad de estas lagunas alcanza su punto final, se añaden nuevas o se vierte el líquido al exterior, ya sea dentro del establecimiento para utilizarlo para riego o hacia afuera del mismo. Resultados preliminares reportados en el estudio de referencia indican que las cuencas lecheras aportan efluentes que varían entre 7.600 (Entre Ríos) hasta 54.000 ton/día (Córdoba) con cargas orgánicas de DQO que varían entre 6.000 y 15.000 mg/L.

El **sector de producción porcina** se encuentra actualmente en una etapa de crecimiento importante, luego de haber sufrido diversos vaivenes que en algunos períodos llegó a comprometer la actividad hasta llevarla prácticamente hasta su desaparición.

Los cambios más significativos se han observado en relación al aumento de la escala de producción y a la incorporación de criaderos tecnificados con crianza confinada integrada a otros eslabones de la cadena comercial. El sistema de manejo de efluentes observado como práctica común del sector es la descarga de los purines a través de pisos flotantes hacia fosas que luego por bombeo o por gravedad, transportan los efluentes hacia lagunas abiertas sin impermeabilización que habitualmente no cumplen con las normas de tratamiento de aguas residuales. Una vez colmada la capacidad de estos receptores se vierte el efluente al exterior.

En base a los datos de producción del año 2008, las principales provincias productoras (Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe) aportan al ambiente entre 2.500 y 24.000 m<sup>3</sup> diarios de purines con cargas orgánicas que superan los 40 kg/m<sup>3</sup> de DQO<sup>32</sup>. La mayoría de las pequeñas empresas productoras de carne porcina ha manifestado la falta de capacidades para implementar nuevas

---

<sup>32</sup> Eficiencia en la remoción de carga orgánica en el sistema de efluentes de un criadero de cerdos. AAPP.

tecnologías de tratamiento de efluentes y su aprovechamiento energético<sup>33</sup>. Los productores justifican la ausencia de mejores prácticas de tratamiento de residuos y efluentes a la falta de acceso a créditos blandos o subsidios que contribuyan a mejorar este manejo sin comprometer inversiones que pudieran destinarse a ampliar o mejorar aspectos productivos. Por otro lado, la ausencia de controles sobre la emisión de estos efluentes al exterior hace que este escenario sea una práctica común, con tendencia a permanecer en el tiempo.

En cuanto al **sector avícola**, existe por parte de los productores la voluntad para comenzar a trabajar en la mitigación de los efectos adversos que genera el inadecuado manejo de los residuos. Esto se ve incrementado porque a nivel social se ha puesto en evidencia cierta presión de la comunidad sobre la necesidad de implementar acciones de mitigación de los impactos negativos que algunas granjas localizadas en sectores urbanos ejercen sobre las comunidades vecinas.

La práctica común del sector es la acumulación del guano en pilas en el exterior de los criaderos, para luego esparcirlo a campo, siempre y cuando encuentren disponibilidad de tierras y de quien pueda cumplir los requisitos sobre el transporte, el cual se encuentra reglamentado en algunas provincias como Entre Ríos y Buenos Aires.

Aspectos vinculados a la proliferación de larvas, moscas, polución y otros vectores, no son considerados como negativos por los productores del sector, quienes consideran al guano como un buen fertilizante y proveedor de nutrientes a las áreas de cultivo. Las principales provincias productoras concentran una producción de guano que alcanza 50.000 ton diarias. Se ha registrado bajo el MDL un proyecto que utiliza 5.000 ton mensuales de la denominada "cama de pollo" como biomasa combustible para la generación de 6 MW de energía eléctrica para exportar a la red eléctrica nacional<sup>34</sup>.

En las conclusiones del trabajo desarrollado por la UNCPBA (Santalla, y colab., 2008) se destaca que en base al escenario identificado, *"...es necesario en primer lugar implementar acciones que mitiguen los impactos negativos que sobre el medio biótico provocan la descarga de residuos y efluentes de los establecimientos de cría intensiva de animales en los cuales no se aplican procedimientos adecuados de tratamiento, disposición final y descarga. Y por otro lado surge la necesidad de analizar tanto la reglamentación vigente que controla la descarga de efluentes a cursos de agua como la implementación de controles sobre la generación, tratamiento y eliminación de los residuos provenientes de estos establecimientos.*

*Al respecto, del análisis de los marcos regulatorios de las actividades de producción intensiva de animales, se observa que existe un gran número de reglamentaciones vinculadas a los aspectos económicos de la actividad como subsidios, compensaciones, establecimiento de precios, etc y recién a partir de los últimos tres años se han comenzado a diseñar algunas regulaciones vinculadas a controlar los impactos de estas actividades sobre el medio ambiente. Estas normas se han ido definiendo a nivel provincial y municipal a través resoluciones y ordenanzas que tiene como principal objetivo definir áreas restringidas para la actividad en función de la escala de los establecimientos y de la cercanía a centros poblacionales*

---

<sup>33</sup> Existe un proyecto de aprovechamiento energético de efluentes de cría intensiva de porcinos radicado en la provincia de Buenos Aires, desarrollado en base a tecnología brasileña que actualmente ofrece el servicio de asistencia técnica a otros productores; el biogás capturado en un sistema de laguna cubierta es utilizado como energía térmica para la desactivación de soja que se utiliza como parte de la dieta animal dentro del mismo establecimiento [www.biometanodelsur.com.ar](http://www.biometanodelsur.com.ar)

<sup>34</sup> [http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/OAMDL/file/0509\\_pdd\\_eeconbiomasa\\_indavicola\\_ingl.pdf](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/OAMDL/file/0509_pdd_eeconbiomasa_indavicola_ingl.pdf)

*(ordenamiento territorial), pero, salvo la exigencia de un estudio de impacto ambiental, no se observa obligación alguna sobre el tipo de tratamiento o tecnología a implementar para el tratamiento de los residuos y efluentes, siempre que se compruebe que no se producen efectos negativos sobre el medio antrópico cercano. Se encuentra aún en un estadio más lejano de desarrollo y de madurez de los sectores para la implementación de proyectos de captura de metano con fines de generar energía eléctrica.*

*La dificultad para acceder a financiamiento, el desconocimiento sobre las posibles fuentes de financiamiento, la ausencia de proyectos demostrativos de esta actividad, la incertidumbre sobre la disponibilidad comercial de equipos y los riesgos propios de cada sector para implementar nuevas tecnologías son las principales barreras identificadas. A esta realidad se suma el amplio acceso a electricidad que a través de la red nacional tienen las principales provincias productoras y el bajo costo de las tarifas eléctricas que tornan económicamente inviables algunos proyectos de captura de metano para la generación de electricidad”.*

Respecto a las emisiones de GEIS, el inventario de GEIs del año 2000 reportado en la SCN reportó 57.32 Gg de metano (1203.7 tCO<sub>2</sub>eq) por manejo del estiércol en el sector ganadero en el año 2000 representando el 1.4% de aporte del sector *Manejo del estiércol* dentro del sector Ganadería en términos de emisiones de GEIs. Esta fuente de emisiones no constituye una categoría principal de fuente dentro del inventario de GEIs del año 2000..

### **1.3. Efluentes industriales y domiciliarios**

Desde 1880 hasta 1980, Obras OSN era responsable de la prestación de los servicios de agua potable y cloacas en las principales ciudades, mientras que en poblaciones más pequeñas ésta estaba a cargo de los estados provinciales, municipales o de cooperativas locales. En 1980 comenzó un proceso de descentralización de los servicios y la responsabilidad de OSN fue delegada a los estados provinciales, salvo en la ciudad de Buenos Aires y en el conurbano bonaerense, que continuaron siendo atendidos por esta empresa. Así, cada provincia eligió su modelo de prestación; mientras algunas transfirieron la responsabilidad a sus municipios, otras optaron por recurrir a cooperativas.

En ciertas jurisdicciones se constituyeron empresas públicas locales, en tanto que otros estados provinciales combinaron algunas de las variantes anteriormente descritas. En la década del 90 se inició un proceso de privatización o concesionamiento del servicio que mantuvo las características de la descentralización iniciada en los '80, por lo que no hay una única autoridad rectora en lo que a la calidad de servicio se refiere.

En la actualidad se están renegociando algunas concesiones y en otros casos, se ha revertido la situación, retornando la prestación del servicio a la esfera estatal. En la actualidad, la compañía estatal Agua y Saneamientos Argentinos S.A. es la responsable de la prestación del servicio de saneamiento y provisión de agua potable a la ciudad de Buenos Aires y su área metropolitana. Si bien existe un déficit del sistema de cloacas en esta área que varía entre 60 y 76%, existen algunas plantas de tratamiento con tecnología convencional, con sistemas de desbaste, filtración, espesadores, lechos percoladores y lagunas de terminación. Habitualmente se instalan en estas plantas como parte del proceso digestores para el tratamiento de los lodos aunque en pocos casos este sistema es utilizado para la producción de energía.

Los efluentes industriales son todos aquellos que se producen en los diferentes procesos productivos. En Argentina se desarrollaron entre 2009 y 2010 dos estudios similares con el objeto de evaluar los residuos agroindustriales y su potencial energético. Uno de ellos fue conducido por USEPA<sup>35</sup> y otro desarrollado por la Facultad de Ingeniería (UNCPBA)<sup>36</sup>. Ambos estudios analizaron las prácticas implementadas para el manejo de los efluentes en diferentes sectores productivos, como frigoríficos, industria del azúcar, citrícola y bebidas y establecieron el potencial de cada sector para la mitigación de las emisiones de metano y el aprovechamiento energético de los efluentes.

Con respecto a la **industria azucarera**, los estudios de referencia indican que la producción se concentra en la región NO del país e identifica como efluentes a las aguas de fábrica y la vinaza<sup>37</sup>. Las aguas de fábrica son los efluentes combinados de las aguas de molienda, proceso y enfriamiento y se genera un promedio de 10 veces la cantidad de caña procesada, aunque puede reducirse sustancialmente con el reciclado y reuso parcial de algunas corrientes de las aguas de fábrica. La vinaza es el efluente líquido más agresivo, sus concentraciones de DBO y de DQO están en el rango de 40 gr/L y 100 gr/L respectivamente. Se generan alrededor de 12-15 L por L de alcohol y en el caso de que los ingenios produzcan alcohol directamente a partir de jugo de caña de azúcar esta relación aumenta a 1.020 L/ton caña.

Según el Informe Final del Programa de Monitoreo del Embalse del Río Hondo<sup>38</sup>, la mayoría de los ingenios vuelcan sus efluentes mal tratados o sin tratar directa o indirectamente a los tributarios del embalse del Río Hondo. Según el mismo informe, en base a la producción de azúcar correspondiente al año 2007 se generaron 92 millones de metros cúbicos de efluentes con las cargas orgánicas arriba mencionadas.

En la provincia de Tucumán existe un proyecto de concentración de vinaza por evaporación y posterior utilización como combustible<sup>39</sup> para la producción de vapor para lo cual se han evaluado tecnologías española<sup>40</sup> y china<sup>41</sup>. Se ha desarrollado en la misma provincia un proyecto de evaluación técnico-económica de la digestión anaeróbica de vinazas y se ha desarrollado un reactor piloto que permite reproducir condiciones operativas de un digestor anaeróbico tipo UASB<sup>42</sup>. Una estimación preliminar a partir de la producción azucarera del año 2010 y considerando la digestión anaeróbica de los efluentes, indica un potencial de generación de biogás de 2.200 m<sup>3</sup>/h lo que permitiría una producción anual estimada de electricidad de 15.000 MWh para la cuenca productiva, concentrando el 65% la provincia de Tucumán<sup>43</sup>.

---

<sup>35</sup> Resource Assessment for Livestock and Agro-industrial Wastes. Preparado para USEPA Agencia de Protección Ambiental de EEUU por Eastern Research Group, Inc. y PA Consulting Group 2009.

<sup>36</sup> Galotti y Santalla (2009).

<sup>37</sup> También se genera un residuo denominado "cachaza" que es sólido y proviene del filtrado del jugo de la caña, luego de la clarificación; se genera un volumen de alrededor de 4% de la caña procesada.

<sup>38</sup> Informe final. Diciembre de 2007. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

<sup>39</sup> 6 m<sup>3</sup> de vinaza concentrada (60 ° BRIX) equivale a 1 m<sup>3</sup> de fuel oil. Taller Nacional de Innovación Tecnológica en Bioenergía. Tucumán, 13-14 Setiembre 2010.

<sup>40</sup> Eratic S.A., Valencia, España. Aprovechamiento de efluentes orgánicos concentrados.

<sup>41</sup> Luzhou Thermal Power Equipment Co., Ltd., Guangxi, China, desarrolló la tecnología de Concentración y Combustión de Vinazas o *Concentration-Burning Technology* (CBT).

<sup>42</sup> Proyecto PFIP-Espro 2007. Estación Experimental Obispo Colombres (EEAOC), Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos (PROIMI, CONICET) y Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas (UNT).

<sup>43</sup> Galotti y Santalla (2009).

La **industria del procesamiento de cítricos**, distribuida en las regiones NOA y NEA ubica a la Argentina en el octavo productor mundial de cítricos y primer exportador de limón. La producción total de cítricos de Argentina alcanzó tres millones de toneladas en el año 2008<sup>44</sup> de las cuales el 46% corresponde a la producción de limón, 32% a naranja, 14% mandarina y 8% a pomelo. La actividad industrial del sector actualmente está compuesta por 19 plantas industriales en las cuales se procesa gran parte de la producción de limón y menores porcentajes de mandarina, naranja y pomelo<sup>45</sup>. Los efluentes líquidos provenientes de la industrialización de cítricos habitualmente son descargados fuera de las instalaciones productivas con tratamiento incompleto.

Estos efluentes contienen sólidos en suspensión, azúcares, ácido cítrico, pectinas y restos de aceites esenciales, la mayor parte de los cuales son biodegradables aunque contienen una concentración de materia orgánica cercana a los 10 kg/m<sup>3</sup> (DBO). Considerando un caudal de efluentes de 250 m<sup>3</sup>/día se tienen sólo para la industria del limón una generación que supera los 5,5 millones de metros cúbicos. Una estimación preliminar del potencial de mitigación y aprovechamiento energético de estos efluentes indicara la posibilidad de disponer de más de 3.000 MWh por año de energía eléctrica<sup>46</sup> aplicando tecnología convencional de digestión anaeróbica. En la provincia de Tucumán una empresa citrícola ha construido dos lagunas anaeróbicas con captura de biogás el cual es utilizado como combustible en una caldera para la producción de vapor (8 ton/h) para el proceso.

La **industria frigorífica** es una de las industrias de mayor potencial contaminante si no se tratan sus efluentes de manera efectiva. Los efluentes producidos por la industria frigorífica provienen del sector de corrales, de la faena propiamente dicha y los efluentes grasos, actividades que en conjunto generan aproximadamente entre 500 (porcinos) y 1.500 L (bovinos) por animal faenado. Si no hay separación de sangre, la carga orgánica degradable de los efluentes puede alcanzar hasta 5 kg/m<sup>3</sup> de DBO.

Considerando sólo la faena de bovinos, al año 2008 se superaron los 13.000.000 de cabezas para alcanzar aproximadamente 3.000.000 ton de carne lo que representa la generación de aproximadamente 20.000 m<sup>3</sup> de efluentes, concentrados principalmente en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe.

A mediados de 2011 se instaló en Salta con apoyo del INTA el primer biodigestor argentino aplicado al tratamiento de los efluentes de un frigorífico. Este sistema permitirá aumentar la capacidad de faena y la producción mediante la transformación de los residuos en biogás, el cual se almacenará en un gasómetro de membrana para garantizar su disponibilidad en el establecimiento con fines de autoconsumo<sup>47</sup>.

Uno de los primeros proyectos de aprovechamiento de biogás a partir del tratamiento anaeróbico de efluentes de frigorífico está instalado en la provincia de Entre Ríos<sup>48</sup>

---

<sup>44</sup> Federación Argentina del Citrus, FERDERCITRUS, 2008.

<sup>45</sup> Al año 2008 se industrializó 70 % de la producción de limón, 20,8% de mandarina, 23,04% de naranja y 37,46% de pomelo según datos del Programa de Reconversión Industrial Cuenca Río Salí. Síntesis de lo actuado Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Diciembre de 2007.

<sup>46</sup> Galotti y Santalla (2009).

<sup>47</sup> <http://www.aimdigital.com.ar/aim/2011/06/16/biodigestor-para-mejorar-la-produccion-y-reducir-el-impacto-ambiental/>

<sup>48</sup> [www.lascamelias.com.ar](http://www.lascamelias.com.ar)



desarrollado a partir de ingeniería y tecnología argentina y que alcanzó la sustitución del 100% del gas natural utilizado para la producción de agua caliente del proceso.

La **industria de la celulosa y el papel** de Argentina se caracteriza por ser del tipo capital intensiva (utiliza gran cantidad de equipamiento de alto costo con inversiones de capital a largo plazo), energía intensiva (consume grandes cantidades de energía, sobre todo en las áreas de pulpado, blanqueo, refinación y secado<sup>49</sup>) y agua intensiva (prácticamente todas las operaciones involucradas utilizan suspensiones de fibras o soluciones acuosas de químicos con posibilidad de recirculación y reciclado tendiente a trabajar en circuito cerrado; instalaciones eficientes requieren aproximadamente 200 m<sup>3</sup> de agua fresca por tonelada de papel producido).

El Estado Nacional a través de SAyDS ha iniciado un Plan de Reconversión de la Industria de Celulosa y Papel (PRI-CePA), que plantea el cumplimiento progresivo de metas para las pasteras a través de la implementación de acciones que permitan la incorporación de las Mejores Técnicas Disponibles, teniendo en cuenta que es una actividad con efluentes de alta carga orgánica<sup>50</sup>. Durante las últimas dos décadas, aumentaron sensiblemente las presiones para reducir las cantidades de agua que utiliza la industria papelera en general.

El consumo de agua de fábricas kraft ECF (blanqueo libre de cloro elemental) de última tecnología es de 10-30 m<sup>3</sup>/ton, las kraft TCF (totalmente libres de cloro), 10 m<sup>3</sup>/ton y las fábricas de papel de 4 a 15 m<sup>3</sup>/ton<sup>51</sup>. Durante el año 2007 la producción de pasta fue de 937.810 ton y la de papel de 1.176.070 ton<sup>52</sup>. En el informe del Programa de Monitoreo del Embalse Río Hondo, para dos plantas productoras de papel, con una generación de efluentes de 17.000.000 y 72.000 m<sup>3</sup>/año para producciones anuales de 90.000 y 12.000 ton respectivamente, indica un rango de 6-189 m<sup>3</sup> efluente/ton papel, coincidente con otra fuente<sup>53</sup> que reporta un rango de 2-150 m<sup>3</sup>/ton dependiendo de las características del proceso y del tipo de instalaciones.

La **industria láctea** se caracteriza por generar efluentes líquidos, sólidos y semisólidos con cargas orgánicas (en DQO) que varían entre 2 y 15 kg/m<sup>3</sup>. El promedio anual de producción primaria de leche en Argentina para el período 1989-2010 alcanzó 9.000.000 ton. A nivel de la producción primaria de leche (tambos), la práctica común respecto al manejo de residuos y efluentes son los vertidos dentro o fuera del sistema en forma de sólidos o semi-fluidos o bien manipulados como líquidos que se almacenan en excavaciones precarias sin impermeabilización hasta alcanzar su estabilización previo a la descarga fuera del sistema o utilizar para riego<sup>54</sup>.

Respecto a la producción secundaria, las principales empresas lácteas de Argentina aplican sistemas de estabilización de sus efluentes a través de lagunas aeróbicas y anaeróbicas en

---

<sup>49</sup> Se ha logrado reducir su dependencia del gas y del petróleo, incrementando la generación de energía a través de la incineración de residuos de madera y licores negros. Tomada en su conjunto, la industria papelera genera aproximadamente el 50% de lo que consume.

<sup>50</sup> Directrices IPCC (2006) para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Capítulo 6.

<sup>51</sup> Galotti Pablo O. 2009. Identificación de actividades industriales promotoras de metano y evaluación de su potencial de utilización. Facultad de Ingeniería – UNCPBA. [www.biblio.unicen.edu.ar](http://www.biblio.unicen.edu.ar)

<sup>52</sup> Plan Nacional de Reconversión Industrial para la industria de la Celulosa y el Papel (PRI CePa). Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. SADyS.

<sup>53</sup> Impactos Ambientales y Actividades Productivas. Celulosa y Papel. Consultora On Line Estrucplan.

<sup>54</sup> Santalla y colab. (2008). <http://www.ambiente.gov.ar/?Idarticulo=6878>. 2008.

serie o combinación de tratamientos físicos (filtración, floculación, sedimentación de sólidos) y biológicos antes de la descarga<sup>55</sup>. Un trabajo desarrollado por Capittini y Santalla (2011) indicó que con los niveles de producción anual de leche de los últimos diez años se producen aproximadamente 300.000 ton de DQO anuales, lo cual, con tecnologías adecuadas de conversión anaeróbica de la materia orgánica se podría producir biogás. En el mismo trabajo se realizó una estimación preliminar sobre el potencial de abastecimiento energético que tendría el biogás para autoconsumo del proceso productivo de quesos en base a información provista en un estudio desarrollado en el marco del PIEPP<sup>56</sup> sobre los consumos de energía eléctrica y térmica de los establecimientos del Grupo Asociativo Quesero del Oeste de la provincia de Buenos Aires.

Los resultados de esta estimación indican que el aprovechamiento energético del biogás producido a partir de los efluentes de la industria quesera podría alcanzar para abastecer el 65% de la demanda de energía que requiere el proceso de producción de quesos y abastecería íntegramente los requerimientos del consumo energético de la producción primaria de leche.

Según la Segunda Comunicación Nacional, las emisiones de metano del sector ARI alcanzaron 101 Gg en el año 2000 con contribuciones significativas del sector alimenticio, bebidas y la industria de la pulpa y papel. Al año 21012, se han registrado bajo el MDL siete proyectos de utilización energética de efluentes, la mayoría para la generación de energía térmica para autoconsumo.

Las emisiones de metano correspondientes a las Aguas Residuales Domésticas e Industriales representan el 42% de las emisiones totales de metano del sector Residuos y ocupan el séptimo lugar de las categorías principales de fuentes (encima debajo de las emisiones de metano provenientes de vertederos de RSU y por debajo de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la industria siderúrgica) con 1.97% de participación dentro del total de emisiones de Argentina.

---

<sup>55</sup> Resource Assessment for Livestock and Agro-industrial Wastes. Preparado para USEPA Agencia de Protección Ambiental de EEUU por Eastern Research Group, Inc. y PA Consulting Group 2009.

<sup>56</sup> Proyecto Incremento de la Eficiencia Energética y Productiva en la PyME argentina. Agencia Alemana de Cooperación Técnica GTZ, 2005.

## 2. IDENTIFICACIÓN GLOBAL DE TECNOLOGÍAS EXISTENTES

---

### 2.1. Tecnologías para la producción de energía a partir de RSU

#### 2.1.1. Relleno Sanitario con captura de biogás y producción de energía

El caudal de biogás que se produce por descomposición anaeróbica de los RSU depositados en los rellenos sanitarios depende del tiempo transcurrido desde su disposición, de la composición de los RSU y de variables meteorológicas como la temperatura ambiente y la humedad. El potencial de uso del GRS está determinado por su contenido de metano y flujo. Habitualmente se utilizan modelos de predicción de la tasa de producción de GRS, cuya exactitud depende de la calidad de los datos utilizados, del modelo cinético aplicado y de las suposiciones utilizadas para simplificar el cálculo.

El modelo US-EPA por ejemplo incluye valores específicos de la constante de velocidad de generación de metano y de la capacidad potencial de generación de metano, mientras que otros modelos como el sugerido en las Guías IPCC (2006) presentan valores por defecto de estos parámetros en función de la composición de los RSU y de las características climáticas de la región.

La tecnología para capturar el GRS consiste en tubos horizontales y/o verticales que capturan el gas del relleno sanitario y tuberías que lo transportan hacia la planta de tratamiento en la cual hay condensadores, filtros, soplantes o bombas de vacío y equipos para el monitoreo. Se pueden utilizar cabezales individuales para cada pozo conectado a la planta de tratamiento o redes de cabezales que concentran el GRS capturado en varios pozos, dependiendo del tamaño del relleno sanitario y por consiguiente de la cantidad de pozos de captura. Según el uso que se hará del GRS se aplican tratamientos primarios (remoción de vapor de agua y condensados, material particulado, espuma) o secundarios (remoción de sulfuro de hidrógeno, siloxanos y otros contaminantes como amoníaco, halógenos e hidrocarburos aromáticos).

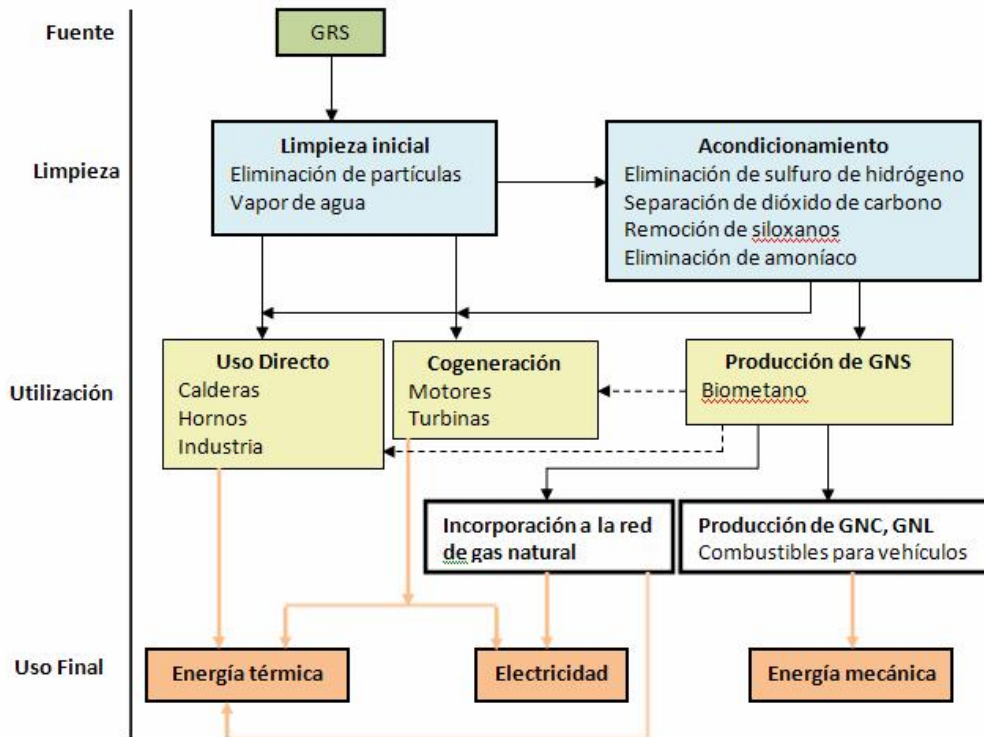
El GRS puede utilizarse como fuente de energía térmica, para la generación de electricidad o para la producción de un combustible de alto poder calorífico (biometano), tal como muestra la *Figura 4.5*. La explotación del GRS como recurso energético ha sido importante en algunos países de la UE como Dinamarca y también en EEUU. De acuerdo con datos de la EPA, en la actualidad hay 425 rellenos sanitarios con proyectos de aprovechamiento energético en EE.UU. que abastecen de energía a más de 1 millón de hogares. La misma agencia estima alrededor de 570 rellenos sanitarios con potencial para desarrollar proyectos a futuro, duplicando los actuales 1180 MW a más de 2.500 MW de capacidad a instalar.

##### 2.1.1.1. Uso directo para generación de energía térmica

Una de las aplicaciones directas del GRS es la producción de agua caliente y vapor. Estas prestaciones dependen de la demanda de este tipo de energía y de la proximidad de la misma respecto al relleno sanitario. El transporte de vapor y/o agua caliente puede resultar no viable desde el punto de vista técnico y económico cuando la demanda se encuentra en instalaciones remotas al punto de generación de GRS.

El uso directo de GRS para reemplazar el uso de combustibles fósiles en calderas, hornos y otros sistemas de producción de energía térmica representa un tercio del total de los proyectos operativos con GRS en EEUU, donde algunas plantas manufactureras tienden a localizarse en un radio cercano a los rellenos sanitarios (menos de 8 km) con la finalidad de disponer del recurso a un costo menor comparado con el gas natural.

**Figura 4.5. Tratamientos y usos del biogás**



**Fuente: Dudek et al, 2010. INiG, Landfill Gas Energy Technologies.**

Para los procesos de generación de energía térmica, los tratamientos previos del GRS son mínimos (remoción de condensados, filtros) aunque se requiere de cierta adaptación de los equipos de combustión (quemadores de calderas, hornos, etc) ya que al ser el GRS un gas de poder calorífico "medio", requiere casi el doble de volumen de transporte en comparación con el gas natural.

Para los casos de uso directo, resulta imprescindible conocer la demanda de GRS por parte del consumidor ya que no hay forma económicamente viable de almacenar el GRS. La adaptación de los equipos para el uso directo de GRS está probada, disponible comercialmente y no es compleja. Desde el punto de vista del mantenimiento de las instalaciones, se deben tener en cuenta al manipular el GRS dos aspectos. En primer lugar, al ser un gas húmedo que contiene trazas de sustancias corrosivas, requiere reemplazar algunos componentes internos de los quemadores por materiales resistentes a la corrosión.

En segundo lugar, depende si el GRS se utiliza en un sistema de co-combustión GRS-gas natural o si lo hace exclusivamente con GRS; en estos casos los controles modernos con respuesta rápida de niveles de oxígeno y sensores de llama pueden asegurar el mismo nivel de seguridad que en los sistemas convencionales que utilizan gas natural. Un problema más complejo al utilizar GRS es el efecto de la acumulación de siloxanos en los tubos de la caldera, causando obturaciones y requiriendo limpiezas adicionales o instalando sistemas de purificación de GRS previo a su utilización (filtros de carbón activado han demostrado alcanzar alta eficiencia en la remoción de estos compuestos).

En EEUU hay diversas experiencias en la utilización directa de GRS. En Maryland, por ejemplo, una caldera en base a GRS produce 18 ton/h de vapor y lo transporta 10 km hasta la caldera modificada para co-combustión con gas natural, satisfaciendo el GRS la demanda durante 9 meses al año y ahorrando U\$S 350.000 anuales, con un contrato a 10 años de provisión del combustible renovable (Dudek et al, 2010). En Carolina del Norte, otro proyecto produce 13.5 ton/h de vapor en base a GRS y lo provee a una instalación distante 6 km del relleno sanitario.

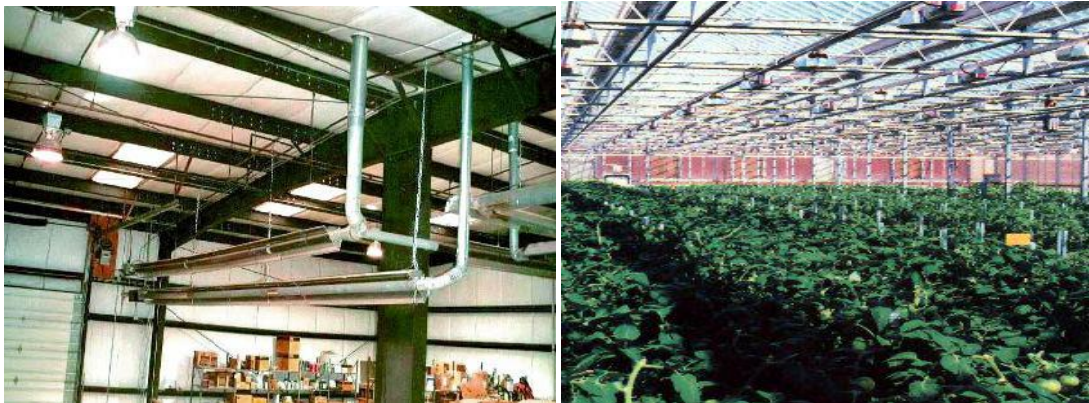
Para casos de bajas velocidades de extracción de GRS pueden resultar viables los **calefactores infrarrojos**. Estos dispositivos queman el gas y calientan una superficie radiante que emite energía infrarroja a alta temperatura dispersando esta energía radiante por convección. Resultan eficientes para la calefacción de edificios, invernaderos o para procesos que requieren de energía térmica (industria cerámica, del vidrio, metales, producción de asfalto, evaporación de lixiviados) siempre que se encuentren localizados en las cercanías del relleno sanitario.

Este tipo de sistemas requieren pequeños flujos de GRS (20 a 50 m<sup>3</sup>/h) para funcionar, son relativamente baratos y fáciles de instalar y ha sido ampliamente utilizado en Europa, Canadá y EEUU. Su costo depende del área a calefaccionar; por lo general se requiere un calefactor infrarrojo por cada 46-74 m<sup>2</sup>. Existen proveedores de calefactores infrarrojo tanto en EEUU como en Europa que utilizan gas natural, gas licuado GLP o propano aunque no específicos para GRS. Los requisitos que debe cumplir el GRS para ser utilizado en este tipo de equipos es que debe estar seco (como habitualmente se encuentra saturado, se requiere implementar algún sistema de refrigeración que reduzca la temperatura a su punto de rocío para remover el agua y luego calentarlo a 20°C, lo que según Dudek et al, (2010) da buenos resultados), libre de material particulado y siloxanos y debe suministrarse a una presión no menor a 20 mbar.

Una experiencia desarrollada en el relleno de Fredery County (VA; EEUU) a partir de calefactores infrarrojo utilizan 51 m<sup>3</sup>/h de GRS para un sistema de calefacción de dos instalaciones del relleno con un único sistema de pre-tratamiento del gas con carbón activado. Otra experiencia en Virginia (EEUU) en el relleno de Farifax utiliza 20-25 m<sup>3</sup>/h de GRS en cinco calefactores infrarrojos para calefaccionar el taller de mantenimiento del relleno sanitario utilizando también lechos de carbón activado para la remoción de siloxanos y otros compuestos contaminantes (Dudek et al, 2010).

Otra posibilidad de utilización directa del GRS es en invernaderos donde se lo puede utilizar para la provisión de calor y también para la producción de agua caliente que se utiliza en los cultivos hidropónicos. El GRS puede utilizarse también en microturbinas para proveer electricidad para iluminación y el calor residual utilizarse para calefacción del invernadero o del agua (Figura 4.6).

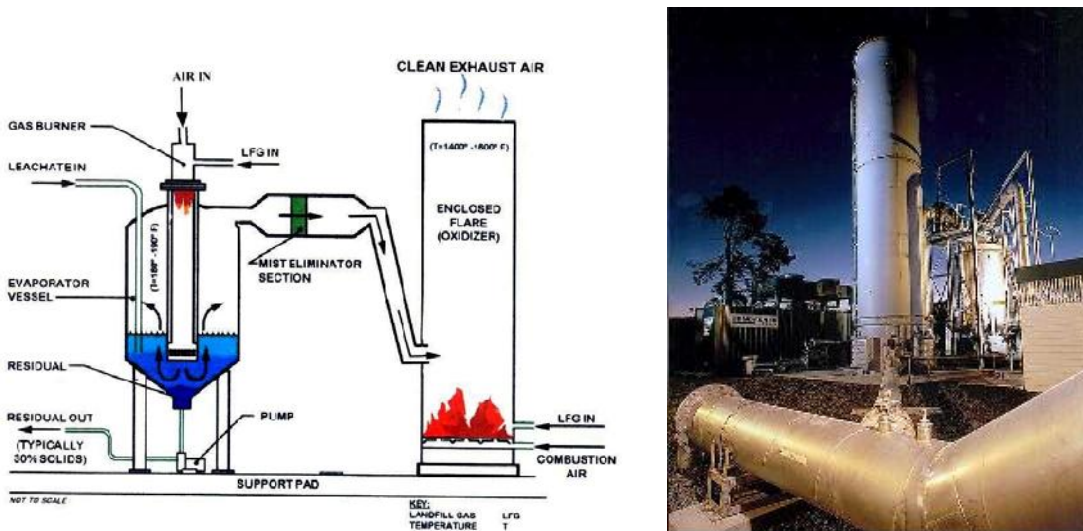
Figura 4.6. Utilización de GRS en calefactores infrarrojos (izq.) y en invernaderos (calefacción y luz, der.).



Fuente: USEPA, 2006.

Otra utilización directa del GRS puede ser la **evaporación de lixiviados** en la zona del mismo relleno sanitario. Existen en el mercado evaporadores de diversos tamaños (40.000 a 120.000 L/día) que convierten estos líquidos en concentrados más fáciles de disponer. La *Figura 4.7*, muestra un proceso típico donde el lixiviado es cargado continuamente en el evaporador en el cual un quemador a GRS impulsa aire caliente en forma de burbujas por la parte inferior generando una transferencia directa de calor entre las fases gaseosa y líquida que provoca la transferencia de los compuestos orgánicos hacia la fase gaseosa. Estos compuestos son luego eliminados en una corriente de gases residuales que luego son tratados en un sistema de combustión adicional.

Figura 4.7. Sistema de evaporación de lixiviados y posterior combustión



Fuente USEPA, 2006

Otra fuente de uso directo del GRS es en las plantas de producción de biodiesel y/o bioetanol, que utilizan vapor donde el GRS puede utilizarse como combustible en las calderas de vapor o como materia prima para convertirlo en metanol para la producción de biodiesel<sup>57</sup>.

### 2.1.1.2. Producción de electricidad

El uso de GRS para la producción de electricidad es uno de las aplicaciones más beneficiosas aunque el resultado del proyecto depende de varios factores entre los que hay que considerar aspectos técnicos, económicos y la existencia de un mercado para la provisión de electricidad.



Las tecnologías actualmente en uso para la conversión energética del GRS incluyen motores de combustión interna, turbinas de gas, microturbinas y motores Sterling (combustión externa). La mayoría de los proyectos en operación utilizan motores de combustión interna (reciprocantes), turbinas y microturbinas, estas últimas aplicadas en rellenos sanitarios pequeños o aplicaciones en nicho.

Ciertas tecnologías como motores Sterling o motores de Ciclo Orgánico Rankine y celdas de combustible están aún en una fase de desarrollo (Goldstein, 2006). Las aplicaciones de cogeneración están aumentando a nivel global, ya que proveen mayor eficiencia energética pues además de generar electricidad utilizan el calor recuperado; para esta tecnología se utilizan generalmente motores de combustión interna, turbinas de gas o microturbinas, mientras que es menos común la generación de electricidad a través de sistemas caldera-turbina de vapor ya que resultan más eficientes en proyectos de producción de electricidad de mayor escala (USEPA, 2006).

Los **motores reciprocantes** o de combustión interna son los más utilizados ya que presentan alta eficiencia en comparación con las turbinas de gas y microturbinas, son de bajo costo por kW en comparación con las turbinas de gas y microturbinas y existen en varios tamaños adecuados a los flujos de GRS. La eficiencia de estos motores varía entre 25 y 35% aunque se pueden alcanzar mayores rendimientos en aplicaciones de cogeneración, cuando se recupera el calor residual que puede ser utilizado para otras aplicaciones. También presentan la ventaja de permitir añadir o quitar los motores según las tendencias de recuperación de gas. Como desventajas se encuentran sus costos de mantenimiento que son relativamente altos y la generación de emisiones a la atmósfera.

Si los costos de electricidad del mercado son bajos, la rentabilidad de estos equipos resulta marginal. El rango de tamaño para proyectos típicos asumiendo 50% de metano en el GRS es entre 8 y 30 m<sup>3</sup>/min de GRS, y capacidades entre 800 kW y 3 MW; para proyectos de mayor escala se pueden combinar varios motores.

Numerosos son los proyectos a nivel mundial que utilizan este tipo de motores para la generación de electricidad a diferentes escalas, tales como el proyecto de Ox Mountain (EEUU)

---

<sup>57</sup> Un ejemplo es el uso de GRS del relleno regional de Sioux Falls (South Dakota, EEUU) donde el GRS es utilizado en una caldera que produce vapor para la producción de etanol (USEPA, 2006).

de 11 MW, el proyecto Dairyland (EEUU) de 4 MW, el proyecto del relleno sanitario de Monterrey (México) de 12 MW, Belo Horizonte (Brasil) de 4.3 MW, entre otros.

Las **turbinas de gas** se utilizan para proyectos de gran escala donde existe un flujo de GRS suficiente como para generar un mínimo de 3 MW y típicamente más de 5 MW (flujos de GRS superiores a 40 m<sup>3</sup>/min). El costo del kW disminuye con el aumento del tamaño de las turbinas mejorando a su vez la generación de electricidad. La eficiencia de estos equipos ronda entre 20 y 28% a escala completa pudiendo alcanzar el 40% para casos de cogeneración, donde se recupere el calor residual.

Una desventaja de las turbinas es que requieren la eliminación de los siloxanos del GRS y la compresión del gas a niveles superiores a 165 psig lo que implica la instalación de un sistema adicional de compresión. Entre las ventajas se encuentran mayor resistencia a la corrosión y menor nivel de emisiones de óxidos de nitrógeno, son más compactas y tienen menores costos de O&M que los motores de combustión interna. La planta de tratamiento de aguas residuales de Arlington (EEUU) genera biogás que es transportado más de 6 km para generar electricidad en una turbina de 5.2 MW.



Las **microturbinas** se utilizan cuando se tiene una recuperación de GRS menor a 8 m<sup>3</sup>/min con contenidos mínimos de metano de hasta 35%; resultan más costosas por kW generado aunque tienen la ventaja de que se pueden añadir o quitar en función del flujo de GRS. Como tienen baja capacidad de generación son fáciles de interconectar y generan menos emisiones de óxidos de nitrógeno. Requieren de un tratamiento primario del GRS que incluya remoción de siloxanos, humedad y material particulado (filtros de coalescencia). Las microturbinas se comercializan en tamaños de 30, 70 y 250 kW y presentan las ventajas de tener costo de capital reducido, bajo costo de mantenimiento y de las instalaciones y una eficiencia que aumenta con el tamaño.

La siguiente tabla detalla los costos de inversión y de O&M para los diferentes sistemas de generación de electricidad a partir de GRS.

**Tabla 4.2. Costos de capital y de O&M para diferentes tecnologías**

Tecnología	Costos de capital (US\$/kW)	Costos O&M anuales (US\$/kW)
Motor de combustión interna (> 800 kW)	1.700	180
Motor de combustión interna (< 1 MW)	2.300	210
Turbinas de gas (> 3 MW)	1.400	130
Microturbinas (< 1 MW)	5.500	380

Fuente: USEPA, 2006 \*al año 2010



## 2.1.2. Combustión de RSU

### 2.1.2.1. Aspectos técnicos

Las plantas de incineración tienen como finalidad la destrucción de los residuos mediante su combustión. Históricamente, el principal objetivo de estas plantas ha sido reducir el volumen de los residuos dejando para un segundo plano el aprovechamiento de energía térmica producida (Bauer et al., 1996). Los sistemas de recuperación de energía se clasifican en dos tipos básicos:

- la combustión de la masa total de RSU (Waste to Energy WTE según sus siglas en inglés)
- la preparación de un combustible derivado (Refuse Derive Fuel RDF, según sus siglas en inglés)

La primera de las alternativas resulta más simple ya que el material no necesita ser procesado ni separados sus constituyentes antes del proceso de combustión. Este proceso según EPA (1995) tiene la ventaja de reducir el 90 % del volumen de los residuos y aproximadamente el 75 % de su masa. Materiales como metales, latas, vidrio, etc. pueden ser removidos durante el proceso evitando la competencia con los programas de reciclaje.

El RDF se elabora cuando los requerimientos técnicos no permiten la incineración en masa de los residuos; requiere de procesos previos de tratamiento como trituración, secado, separación de algunos componentes y acondicionamiento de tamaño para poder ser utilizado en equipos específicos como hornos de cemento<sup>58</sup>.

La minimización de las emisiones de gases requiere de una tecnología avanzada. Si bien una buena combustión minimiza la formación de CO y de los productos de combustión incompleta, puede aumentar la formación de N<sub>2</sub>O y gases ácidos; se debe asegurar atrapar metales pesados y compuestos orgánicos. Las cenizas remanentes del proceso se deben disponer en un relleno y las mismas se dividen en dos categorías: pesadas y volátiles. Las primeras se recogen en la base del horno mientras que las volátiles son removidas de los gases de combustión a través de filtros y equipos para el lavado de gases. En EE.UU., aproximadamente el 10% del total de cenizas formadas en el proceso de combustión se utiliza para usos benéficos, tales como cobertura diaria en los vertederos y la construcción de carreteras (EPA, 1995).

La combustión en masa de RSU ha sido dominante en Europa durante las últimas décadas (Malkow, 2004) pero las emisiones de compuestos peligrosos y la disposición final de los residuos de la combustión son aún un problema sin resolver completamente. En los últimos años con el objeto de paliar estas desventajas de la combustión en masa de RSU se han desarrollado tecnologías de gasificación y pirolisis con la finalidad de mejorar la producción y calidad de energía.

El proceso de gasificación requiere un pre-tratamiento de la biomasa que incluye secado (hasta 10-15% de humedad), reducción de tamaño de partícula (20-80 mm típico) y lixiviado de algunos componentes como nitrógeno y álcalis contenidos en los residuos. Los vapores emitidos durante el secado contienen compuestos orgánicos volátiles VOCs (principalmente

---

<sup>58</sup> EPA; Decision-Makers' Guide to Solid Waste Management; Volume I y II; Washington D.C., 1995.

terpenos) los cuales deben ser tratados con adecuados sistemas de control de la polución. La eliminación de N, S, Cl y otros elementos traza volatilizados a partir de la gasificación de la biomasa deben ser eliminados. Los compuestos de cloro contenidos en la biomasa y presentes como HCl en el gas se remueven generalmente por absorción húmeda y los componentes alcalinos (que son volátiles a alta temperatura causan corrosión de los filtros cerámicos y las turbinas) son reducidos por enfriamiento y condensación de los gases previo a ser filtrados.

De la gasificación se pueden obtener tres tipos de productos diferentes según el agente gasificante (aire, oxígeno/vapor, hidrógeno), el método de operación (lecho fijo, lecho fluidizado) y las condiciones operativas (temperatura, presión). Los poderes caloríficos de los productos varían entre 4-6 MJ/Nm<sup>3</sup> a 40 MJ/Nm<sup>3</sup>. El gas de bajo poder calorífico se puede utilizar directamente para la combustión o como combustible en motores mientras que los gases de medio y alto poder calorífico se utilizan como combustibles para la posterior conversión en metano o metanol.

Como el uso de oxígeno para la gasificación es costoso, habitualmente se utiliza aire, con lo cual, al incorporar nitrógeno disminuye el poder calorífico. La pirólisis de residuos y en especial la gasificación son procesos térmicos que resultan atractivos para reducir y evitar la corrosión y las emisiones mediante la retención de los metales alcalinos y pesados (excepto el mercurio y cadmio), azufre y cloro dentro de los residuos del proceso, prevenir la formación de dioxinas y furanos y reducir la formación térmica de NO<sub>x</sub> debido a las bajas temperaturas y a las condiciones reductoras. La gasificación puede a su vez destruir compuestos peligrosos y la vitrificación de algunos residuos aunque persisten sustancias como cloruro y sulfuro de hidrógeno.

El gas producido puede utilizarse en diversas aplicaciones energéticas (cal y hornos de ladrillos, metalurgia, hornos, secadores, calderas de producción de vapor, motores de gas y turbinas, pilas de combustible) o como materia prima, por ejemplo, gas de síntesis (Mc Kendry, 2002).

Según Mc Kendry (2002), la eficiencia de conversión de biomasa en energía utilizando gasificación y pirolisis es de 75-80%. Según Murphy y McKeogh (2004), la incineración de las fracciones no orgánicas no reciclables de los RSU producen electricidad y energía térmica con eficiencias de aproximadamente 20 y 55 % respectivamente, mientras que la gasificación produce electricidad con una eficiencia de alrededor del 34 %, lo que la convierte en una tecnología más ventajosa cuando no existe un mercado para la energía térmica; además la gasificación produce más electricidad que la incineración y genera menos gases de efecto invernadero por kWh aunque es una tecnología aún no probada a escala comercial.

Según Malkow (2004) las incineradoras de residuos presentan baja eficiencia energética (13-24%) debido principalmente a las bajas temperaturas del vapor para evitar la corrosión de la caldera, el ensuciamiento y las escorias (problemas junto a la chimenea). Además de los costos adicionales de reparación se requiere mayor inversión para tratar las emisiones de compuestos peligrosos como gases ácidos (SO<sub>x</sub>, HCl, HF, NO<sub>x</sub>), COVs especialmente PCBs (bifenilos policlorados) y dioxinas y furanos (PCDD/Fs p-dioxina dibenzo policloradas), además de metales pesados en los residuos finales. Las tecnologías incorporadas para atenuar estos aspectos incrementan los costos de inversión (dos tercios) y operacionales de las incineradoras de residuos.

Según Malkow (2004) la gasificación y pirolisis de RSU y de RDF son tecnologías que aún en Europa tiene un estado de madurez prematura. En los últimos años ha avanzado la

combinación de tecnologías de tratamiento térmico de RSU de pirolisis, gasificación y/o incineración en un enfoque integrado o modular, la cual se encuentra en etapa de demostración; la mayoría de las tecnologías tienden principalmente a mejorar el cumplimiento ambiental, pues tienen mayor poder de destrucción de polutantes y capacidad de vitrificación de los residuos sólidos.

Resulta importante para la incineración de los RSU conocer su poder calorífico ya que un valor bajo tendría consecuencias negativas tanto en el aspecto técnico del proceso como en el económico. Existen algunos componentes de los RSU que contribuyen en forma favorable al proceso de combustión pues tienen un poder calorífico alto, como es el caso de los plásticos. Por el contrario, cantidades importantes de materia orgánica dentro de los RSU perjudican el poder calorífico total de los residuos e impiden en algunos casos que sean incinerados sin un aporte adicional de energía.

Se ha encontrado que el aumento de la incineración de RSU con recuperación de energía no se correlaciona con las tasas de reciclaje bajo (Kiser, 2003; Jackson, 2006; Stengler, 2006).

#### **2.1.2.2. Aspectos institucionales**

Según la EPA (1995), el desarrollo de un proyecto de recuperación de energía a partir de los RSU es un proceso largo y caro y resulta crucial evaluar cuidadosamente cuándo es apropiado para una determinada comunidad. Esta agencia sugiere que para determinar si la recuperación de energía por medio de la incineración es factible y deseable para una comunidad deben responderse afirmativamente cada una de las tres cuestiones siguientes donde una respuesta negativa para cualquiera de ellas indicaría que la recuperación de energía a partir de los RSU no representa una alternativa apropiada:

1. es suficiente la cantidad de RSU como para cubrir la demanda del proyecto, luego de que se haya considerado la reducción, el reciclado y el compostaje? Se mantendrá el suministro en el futuro?
2. existe un comprador para la energía producida?
3. existe un fuerte apoyo político para implementar un sistema de recuperación de energía a partir de los RSU?

Según EPA (1995), una planta de recuperación de energía requiere de alto capital y costos operativos en relación con otros sistemas de gestión de RSU, y su éxito radica en el conocimiento de las necesidades del comprador en cuanto a precio, servicio y disponibilidad del recurso.

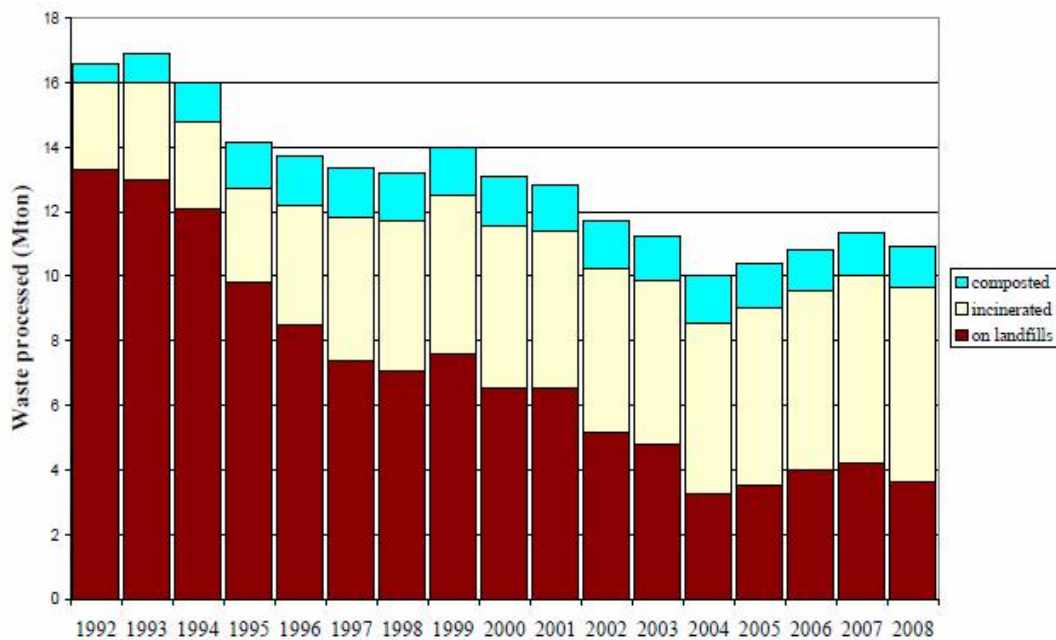
Los riesgos para este tipo de proyectos dependen de:

- la disponibilidad de residuos
- la disponibilidad de mercados y el valor de la energía
- las facilidades para localizar el sitio de la instalación
- el compromiso con estándares medioambientales
- los costos de construcción, de operación y performance de la planta

- los cambios en la legislación
- los impactos ambientales a largo plazo y riesgos para la salud

Waste to Energy (WTE) es el método predominante de eliminación de residuos en Europa y Asia debido a su capacidad para reducir el volumen de residuos, la generación de energía y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. En los Países Bajos en el año 2004 se generaron 2535 GWh de electricidad a partir de los RSU de los cuales 78% ha sido entregada a la red, 8,8 PJ del calor ha sido entregado para uso externo, por ejemplo, para procesos industriales o la calefacción urbana y el resto para el consumo del proceso de incineración. En estos países se ha incrementado la incineración de RSU desde el año 1992 con la finalidad de generar electricidad superando a EEUU (37,8 vs 14,7%); en 2008, más del 50% de los RSU de Holanda (Figura 4.8.) fueron incinerados (SenterNovem, 2009).

**Figura 4.8. Cantidad de residuos procesados en Holanda (1992-2008)**



**Fuente: SenterNove (2009).**

En los países de Europa occidental WTE representa entre el 30 y 60% de eliminación de RSU. La capacidad total instalada a nivel mundial es de más de 3 GWh de los cuales aproximadamente la mitad está en Europa (Boyle, 2004). Europa trata anualmente más de 50 millones de toneladas de residuos en las plantas de WTE, que, de acuerdo con la Confederación Europea de residuos en plantas de energía (CEWEP), podría generar electricidad para 27 millones de personas o el calor de 13 millones de personas (Stengler, 2006). Los incentivos que promueven el uso de la combustión de RSU son la falta de vertederos adecuados (como fue el caso de Dinamarca) y el alto costo del transporte de los desechos a sitios distantes. La *Tabla 4.3* resume el número de instalaciones actuales en distintos países.

**Tabla 4.3. Instalaciones de WTE en el mundo y cantidad de RSU procesados**

Región	Número de instalaciones	Cantidad de RSU incinerados como % del total de RSU generados
EEUU	89	8-15 %
Europa	420	Varía entre países (50% para Holanda)
Japón	100	70 a 80%
Otros países (Singapur, Taiwan, China)	70	Varía entre países

**Fuente: Stengler (2006).**

El caso de EEUU es interesante ya que demuestra que la gran disponibilidad de tierras y por lo tanto bajos costos de oportunidad para la construcción de rellenos sanitarios funciona como un desincentivo importante para la construcción de plantas incineradoras de RSU. Las 89 instalaciones existentes generan aproximadamente 2.500 MW, lo que representa sólo el 0,3% de la generación total de energía nacional.

En general, la incineración de RSU es más atractiva si hay escasa disponibilidad de tierras, si el costo de la electricidad es alto o si existen directivas como la de la UE (1999/31/CE) que impone restricciones a la cantidad de residuos biodegradables destinados a vertederos (al año 2016 deberá reducirse al 35% del total en peso, en comparación con la cantidad depositada en 1995). Para los países industrializados, se ha estimado que los residuos incinerados podrían aportar hasta el 15% de la demanda de electricidad del Reino Unido, una cifra que también puede aplicarse a otros países desarrollados (Wheeler, 2006).

La situación en los países en desarrollo es bastante diferente por varias razones: en primer lugar no hay mucha información disponible sobre el manejo de RSU o los existentes no están muy bien desarrollados lo que se traduce en bajas tasas de recolección de RSU o recolección con descarga en vertederos incontrolados. Por otro lado, desde el punto de vista técnico, las características de los RSU de los países desarrollados son sensiblemente diferentes a las de los países en desarrollo, principalmente en su poder calorífico, ya que en estos últimos, los residuos contienen habitualmente mayor cantidad de fracciones orgánicas rápidamente degradables y alto contenido de humedad (Tchobanoglous, 1994) lo que incide en forma directa sobre la eficiencia de la combustión.

### **2.1.2.3. Aspectos ambientales**

El principal problema de la incineración de residuos es la generación de emisiones a la atmósfera, debido a la pluralidad de componentes presentes en los residuos, muchos de los cuales al ser quemados generan compuestos gaseosos nocivos que deben ser eliminados de los gases de combustión antes de ser éstos emitidos a la atmósfera. Durante las últimas décadas se ha incrementado el desarrollo de tecnología para el tratamiento de las emisiones en estos sistemas. Las normativas en este sentido en Europa y EEUU son cada vez más exigentes y los incineradores deben adaptarse progresivamente a la nueva legislación vigente o darse de baja.

Sin embargo, aunque la combustión de RSU evita la producción de emisiones de metano producidas en los rellenos sanitarios, también produce emisiones de CO<sub>2</sub>. Si bien la fracción de la biomasa de los RSU se considera neutro de CO<sub>2</sub>, la quema de otros materiales derivada de combustibles fósiles, como los plásticos causan emisiones de CO<sub>2</sub> y de óxidos de nitrógeno que deben tenerse en cuenta en el cálculo de la reducción de emisiones. El nivel de emisiones depende mucho de la composición de los residuos<sup>59</sup>.

La aceptación social de las instalaciones de WTE ha demostrado ser un gran obstáculo en el desarrollo de esta tecnología, el miedo a la contaminación ambiental, en particular las emisiones de dioxinas, impidió el desarrollo de plantas de energía WTE. Con el fin de abordar esta preocupación, la UE ha reglamentado a través de directivas específicas la imposición de barreras a los vertederos.

En Alemania por ejemplo, desde el 1 de junio de 2005, los residuos no tratados ya no se depositan en vertederos<sup>60</sup> y además como resultado de la instalación obligatoria de unidades de filtro a los sistemas de combustión, las emisiones de dioxinas a partir de las 66 plantas de incineración de residuos en funcionamiento en el año 2005 en Alemania se redujeron de 400 gramos a menos de 0,5 gramos. En Suecia, hace quince años existían dieciocho plantas de incineración de RSU que emitían un total de 100 gramos de dioxinas por año. Actualmente, existen veintinueve plantas operativas que emiten en conjunto 0,7 gramos por año y generan más del doble de la energía producida en el año 1985. A pesar de estas mejoras, aún persiste la percepción de que las incineradoras de RSU son obsoletas y contaminantes.

## **2.2. Tecnologías para la producción de biogás a partir de residuos y efluentes de la agroindustria (láctea, citrícola, frigoríficos, cría de animales)**

El manejo inadecuado de los residuos y efluentes que se generan en los establecimientos de cría o engorde confinado de animales afecta principalmente los recursos hídricos, edáficos y atmosféricos, dado que la alta concentración de animales por área provoca una alta descarga de material orgánico en canales de regadíos (naturales o artificiales) y el escurrimiento de nutrientes, además del efecto de la utilización de aguas limpias para lavados de corrales, la volatilización y el proceso de lixiviación nitrogenada. Este tipo de sistemas se ve afectado por contaminación con metano y otros gases que contribuyen tanto al efecto invernadero como a la emisión de fuertes olores, constituyéndose así en un foco puntual de contaminación (Row y colab., 2005; Contreras Devia y Vilches Galvez, 2007).

Con respecto a los efluentes industriales, el IPCC (2006) menciona entre las fuentes más importantes de gas metano (CH<sub>4</sub>) a la industria de la producción de carne (frigoríficos), alimenticia (láctea, frutas y vegetales, aceite, conservas, bebidas, producción de almidón) y la manufactura de pulpa y papel. Salvo algunos casos, la práctica habitual es la aplicación de tratamientos convencionales de filtración y estabilización de los efluentes en lagunas aeróbicas y anaeróbicas hasta disminuir los niveles de las cargas orgánicas aunque en general no se alcanzan a cumplir con los límites de descarga permitidos por las legislaciones vigentes.

---

<sup>59</sup> En EEUU las emisiones de CO<sub>2</sub> representan aproximadamente un tercio de todas las emisiones de CO<sub>2</sub> de la combustión de RSU.

<sup>60</sup> Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación Natural y Seguridad Nuclear de Alemania, 2005.

Existe una variedad de tecnologías de tratamiento de efluentes que consideran la captura del metano, y que se encuentran en diferentes grados de desarrollo para su implementación. Para cualquier caso, es necesario llevar a cabo estudios previos a la implementación, incluyendo un análisis de los costos asociados a la construcción, mantenimiento y operación, y en lo relacionado a las formas de financiamiento y la reglamentación existente en cada lugar. Existe un alto grado de desarrollo e implementación del aprovechamiento energético de los residuos agropecuarios e industriales en EEUU y la UE.

En Dinamarca, las plantas de biogás constituyen una de las principales fuentes de generación de energía que planean alcanzar una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en un 20% al año 2005 (Maeng et al., 1999). Desde 1984 se han instalado 20 grandes plantas centralizadas basadas en la producción de biogás a partir de residuos industriales orgánicos y estiércol, con capacidades que varían entre 500 y 7500 m<sup>3</sup>. La materia prima que abastece las plantas varía entre 50 y 500 ton diarias de estiércol suplementada con 10-30% de residuos orgánicos industriales. La producción de biogás resulta entre 1000 y 15.000 m<sup>3</sup> por día, equivalente a una producción de 20.000 ton anuales de petróleo, aunque durante los últimos años ha decrecido en virtud de la disponibilidad limitada de residuos industriales<sup>61</sup>.

La captura de metano de efluentes líquidos requieren cuatro componentes básicos: el sistema de almacenamiento de efluentes, un digestor, el sistema de manejo del gas y el equipamiento para su utilización. Existen diferentes tipos de digestores, cuya selección depende fundamentalmente de las características de los efluentes, principalmente de su % de sólidos totales. El siguiente esquema resume las diferentes tecnologías de acuerdo a esta característica.

**Figura 4.9. Sistemas de tratamiento de efluentes según su contenido de sólidos totales**

		% Sólidos Totales						
		0	5	10	15	20	25	30
Estiércol		Adición de agua			Adición a la cama			
		Como se excreta						
	Clasificación	Líquido		Barro		Semisólido		Sólido
Operaciones manuales	Bombeo			Raspado			Raspado y Apilado	
Producción de biogás	Recomendado				No Recomendado			
Tipo de Digestor		Laguna cubierta		Mezcla Completa		Flujo pistón		
		Laguna cubierta		Mezcla Completa		Flujo pistón		

**Fuente: Managing Manure with Biogas Recovery Systems. EPA, The Agstar Program Office of Air and Radiation (6202J) EPA-430-F-02-004 www.epa.gov Winter 2002.**

Los sistemas típicos para la recuperación de biogás desarrollados comercialmente para el tratamiento de efluentes son los digestores de laguna cubierta aptos para un % de sólidos totales de hasta 3%; los digestores de mezcla completa que son tanques construidos de material reforzado como hormigón o acero con una cubierta impermeable en el cual existe una mezcla periódica por bombeo o impulsión y es apto para efluentes de 3 a 10 % de sólidos

<sup>61</sup>Según menciona la fuente (Maeng et al., 1999), la mayor parte de los residuos ha sido comprometida por contrato con las primeras plantas de producción de biogás y por una cuestión de competencia del "mercado de residuos", los industriales no son económicamente ventajosos como eran en años anteriores.

totales, los digestores de tipo flujo pistón que consisten en depósitos largos calefaccionados con cubierta hermética aptos para manejar efluentes con 11-13% de sólidos totales y los reactores tipo UASB para el tratamiento de lodos. En general los digestores trabajan a temperatura constante durante todo el año y tienen un flujo de gas constante lo que los hace apto para posteriores aplicaciones mientras que las lagunas cubiertas pueden tener oscilaciones en la producción de gas en épocas invernales.

### 2.2.1. Laguna cubierta

Estos sistemas son excavaciones del terreno que se impermeabilizan y se cubren con materiales que resisten condiciones climáticas extremas. Tienen por finalidad capturar el biogás que allí se genera mediante un sistema de cañerías ubicado dentro de la pileta y con un soplador que permite la succión del biogás para su posterior consumo, ya sea como fuente de calor o para convertirlo en electricidad. En caso que la oferta de biogás sea mayor que la demanda debe quemarse en una antorcha, reduciendo así las emisiones de GEIs a la atmósfera (EPA 2004<sup>62</sup>, 2006<sup>63</sup>).

Los sistemas de laguna cubierta están siendo utilizados con éxito en todas las áreas del EEUU, incluyendo las zonas de clima frío. Se presentan como una alternativa atractiva ya que ayudan a reducir la contaminación provocada por la descarga de efluentes en cuerpos de agua. EPA (2006) reconoce que la tecnología de digestión anaeróbica se encuentra en paulatino ascenso. Actualmente, en Estados Unidos, esta metodología es aplicada en los sectores ganaderos (bovinos, porcinos) y estima que se producen 248 millones de kWh anuales.

En general, este tipo de sistemas trabaja en combinación con lagunas aeróbicas con la finalidad de estabilizar y completar el tratamiento de los efluentes antes de su descarga al exterior. La construcción de este tipo de lagunas debe contemplar como fundamental, la protección del suelo. Pordomingo (2003) afirma en relación a este tema que toda la superficie de las lagunas deberá estar bien sellada con arcillas u otros materiales, incluso plástico o cemento para evitar la infiltración y contaminación de las napas freáticas.

**Figura 4.10. Laguna anaeróbica con cubierta (izq.) y con sistema de recuperación de biogás (der.).**



Fuente PSU, 2010

<sup>62</sup> [http://www.epa.gov/npdes/pubs/cafo\\_manure\\_guidance\\_toc.pdf](http://www.epa.gov/npdes/pubs/cafo_manure_guidance_toc.pdf)

<sup>63</sup> <http://www.epa.gov/agstar/pdf/2006digest.pdf>



EPA (2002<sup>64</sup>, 2004, 2006) y Ross (2007) consideran que esta metodología reduce sustancialmente las potenciales contaminaciones de agua y aire, así como también la reducción de emisiones de metano, siendo una práctica que se encuentra en crecimiento en los países del primer mundo. En cuanto a la recolección de los efluentes líquidos, se aconseja construir un sistema de escurrimiento superficial a través de una estructura de drenajes primarios y secundarios colectores y su captura en sistemas de tratamiento (decantación de sólidos, reducción de materia orgánica y evaporación de agua) y almacenamiento para su posterior uso (Pordomingo, 2003).

Entre las ventajas de este tipo de tecnología se destacan:

- la minimización en la generación de olores, pues la actividad metabólica mantiene las condiciones adecuadas para que los microorganismos anaerobios puedan estabilizar la materia orgánica en el estiércol, ya que se previene la aireación natural en la superficie de las lagunas cubiertas.
- la temperatura, dado que la cubierta de polietileno atrapa también los rayos del sol en especial durante épocas de verano, minimizan el efecto de las caídas de temperaturas durante épocas frías. Este tipo de lagunas puede depurar la materia orgánica a temperaturas variables, sin embargo para obtener un mejor nivel de depuración, también es necesario controlar la temperatura de funcionamiento, con el uso de intercambiadores de calor o con termoreactores.
- al reducir emisiones de GEIs y capturar el biogás, se convierte en una fuente útil de la energía, ya que dentro de las lagunas cubiertas ocurre un proceso de digestión que alcanza a desarrollar la etapa metanogénica.
- la capacidad de almacenar grandes volúmenes de aguas y lodos sin recurrir a otros sistemas posteriores de tratamiento o almacenaje.
- en relación a los costos, el almacenamiento de aguas durante largos periodos de tiempo disminuye los costos de construcción en comparación con los digestores anaerobios.

En cuanto a las desventajas de las lagunas anaerobias cubiertas, se encuentran:

- la remoción, dado que este tipo de sistema presenta menores porcentajes de extracción de lodos que los digestores.
- la limpieza, al tener la cubierta es difícil realizarla debido principalmente al escape de biogás por el retiro de la cubierta.
- las fugas, dado que por la naturaleza de los materiales de construcción de este tipo de sistema es más fácil el escape de biogás que en un digestor anaerobio (González Sepúlveda y Sandoval Bastida, 2005), y
- la fluctuación de la producción de gas en época invernal

---

<sup>64</sup> <http://www.epa.gov/agstar/pdf/2002digest.pdf>

### 2.2.2. Digestores de mezcla completa, flujo pistón, UASB

Los digestores *de mezcla completa* están constituidos por un recipiente aislado y mantenido a una temperatura constante y elevada hasta alcanzar un régimen de operación de tipo mesofílico o termofílico. El tanque del digestor generalmente está aislado y se lo construye por encima del suelo o directamente enterrado, y puede ser construido de concreto, acero o fibra de vidrio.

El sistema de calefacción consiste en cañerías por donde circula el agua caliente puede ser ubicado dentro del mismo digestor o, dependiendo de la consistencia de la biomasa, el contenido puede hacerse circular a través de un intercambiador de calor externo de manera tal de mantener la temperatura dentro del valor deseado. Este tipo de digestor puede ser mezclado mediante un agitador con motor, una bomba de líquido de recirculación o utilizando biogás comprimido. Una cubierta ya sea fija o móvil es la encargada de atrapar el biogás.

Estos digestores funcionan bien en sistemas donde la materia orgánica a procesar contiene entre 3 y 10 % de sólidos totales. El tiempo de retención generalmente varía entre 10 y 20 días. El biogás generado puede ser consumido en sus diferentes formas –electricidad/calor– en el mismo establecimiento (Wright, 2004; EPA, 1999).

**Figura 4.11. Digestores tipo mezcla completa con membrana (izq.) y mampostería (der.)**



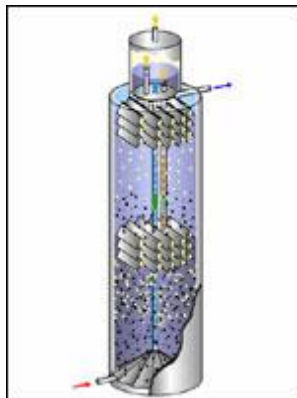
En la *Figura 4.11.* se observan digestores en funcionamiento con cubierta de geomembrana y un digestor de mampostería. Una fracción del biogás producido en el digestor se utiliza para mantener el régimen térmico de funcionamiento del proceso y el remanente se puede utilizar como energía térmica o para generar electricidad (Wright, 2004; EPA, 1999).

Otro tipo de digestores es el de flujo pistón, que consiste en un recipiente aislado y calefaccionado cuya relación largo/ancho se aconseja que sea 5:1. El tanque puede ser construido de concreto, acero o fibra de vidrio con una cubierta de geomembrana para recuperar el biogás. Estos digestores pueden operar en régimen mesofílico o termofílico, no necesitan agitación interna y puede ser cargado con hasta 11-14 % de sólidos totales; el tiempo de retención generalmente varía entre 15 y 20 días y el efluente, que no se encuentra homogéneo o totalmente mezclado se va degradando a medida que avanza en flujo pistón.

Otro de las tecnologías anaerobias disponibles en el mercado, es la basada en el concepto de *lecho de lodos granulares*, denominado *UASB* por su característica de operar en flujo

ascendente (upflow anaerobic sludge blanket)<sup>65</sup>. Tiene ventajas sobre otras tecnologías anaerobias ya que no requiere medio de soporte (como el filtro anaerobio) y puede recibir altas cargas orgánicas (a diferencia del reactor de contacto anaerobio).

**Figura 4.12. Reactor UASB Mitsubishi desarrollado por Paques (Holanda)**



Diseñado para tratar las aguas residuales orgánicas mediante un reactor densamente poblado con gránulos de bacterias anaeróbicas que van desde 1 a 3 mm de tamaño.

### **2.3. Tecnologías para la purificación y el enriquecimiento energético de biogás. Producción de biometano**

Biometano es el término utilizado para describir una mezcla de gas que contiene predominantemente metano (>97%) y que proviene de fuentes diversas de biomasa (materia orgánica) como RSU o efluentes. Este gas posee características térmicas similares al gas natural y puede ser inyectado en una red convencional de gas.

El valor calorífico del GRS o biogás está fundamentalmente determinado por la relación metano/dióxido de carbono (Environment Agency, 2004). En un proceso de combustión de biogás, la mayor parte de los hidrocarburos pesados son destruidos en el proceso, pero si algunos de ellos presentan menor poder calorífico que el metano, su presencia reducirá su contenido energético como combustible.

Por otro lado, algunos aromáticos e hidrocarburos clorados presentan riesgos para la salud, terpenos y ésteres son fuertemente olorosos y otros componentes como órgano-halogenados, derivados de sulfuros y siloxanos provocan daños en los equipos de combustión. Por lo tanto, en base a las diferentes características de los componentes del biogás, al evaluar posibles tratamientos para remover trazas de algunos de ellos es fundamental considerar la calidad final requerida para su posterior utilización ya sea como recurso directo, para ser utilizada en otros equipos o para la producción de biometano, con lo que será indispensable contar con las especificaciones de calidad que exijan los proveedores del equipamiento.

---

<sup>65</sup> desarrollado por Lettinga en Holanda en 1970's (Lettinga y colab. ,1980).

En general se aplican tecnologías de tratamiento primario cuando el biogás es utilizado como fuente de energía térmica mientras que los tratamientos secundarios se emplean en el caso de la generación de electricidad en motores de combustión interna o turbinas para la generación de electricidad. En el caso de pretender un combustible de alto poder calorífico para ser utilizado como combustible comprimido (GNC o GLP) para vehículos o para inyectar a la red de gas natural (biometano) se requiere la aplicación de tecnologías específicas para la remoción de CO<sub>2</sub>.

### **2.3.1. Tecnologías de tratamiento primario del GRS**

Tienen por finalidad reducir los trazas de agua en forma de condensados, la separación de espuma y la eliminación de material particulado. También se incluyen dentro de estas tecnologías la separación de compuestos azufrados, principalmente sulfuro de hidrógeno y compuestos orgánicos no metánicos (NMOCs, por sus siglas en inglés) aunque estos últimos también pueden ser removidos por otras tecnologías de tratamiento secundario.

La presencia de agua líquida en las cañerías de transporte de biogás ejerce un efecto negativo en el funcionamiento del sistema pudiendo llegar al colapso del transporte por obstrucción de la sección transversal con líquido que impide el paso del gas, aumentando la pérdida de carga. Por otro lado, la existencia de un flujo en dos fases genera inestabilidad en el sistema lo que puede provocar oscilaciones que perturban el funcionamiento e impiden alcanzar un estado de régimen estable y una operación bajo control. Según la fuente del biogás y la aplicación, existen varios componentes básicos a tratar: la captura de agua líquida, la remoción de espuma, de vapor de agua no condensado y de material particulado.

La captura de agua líquida se suele realizar durante el proceso de captura de biogás. La práctica más común es la instalación de drenajes o trampas de agua para prevenir la transmisión del agua en las cañerías de transporte. Otro componente usual en los sistemas de colección de biogás es la instalación de condensadores o “knock-out” situados antes del sistema de succión con el propósito de reducir la velocidad del gas y provocar el goteo del líquido gracias a un diseño específico para alcanzar este objetivo. El líquido recolectado en el condensador es separado y bombeado para su descarga.

La separación de espuma se realiza a través de la incorporación de mallas coalescentes en las cañerías de entrada y salida del tanque condensador. Este material colapsa el ingreso de espuma y previene su arrastre. Estas mallas se construyen generalmente de acero inoxidable y su diseño debe asegurar una alta área superficial para atrapar la espuma y permitir su drenaje por gravedad y colección dentro del mismo condensador. Una alternativa adicional es colocar un ciclón posterior al condensador de manera tal de separar la fase líquida de la gaseosa por acción de la fuerza centrífuga. Se han reportado equipos de este tipo capaces de capturar el 99% de gotas superiores a 10 µm (Environment Agency, 2004).

Con relación a la reducción de vapor, se debe tener en cuenta que un aumento en la presión del gas provoca un aumento de temperatura. Cuando el biogás pasa por el sistema de compresión o impulsión, si bien algo de calor es disipado al medio, la temperatura de la corriente gaseosa resulta superior a la temperatura ambiente lo que implica la necesidad de enfriar el gas con el objeto de proteger cañerías, asientos de válvulas y otros componentes del sistema. Algunas aplicaciones específicas requieren reducir la cantidad de vapor de agua y remover el calor de la zona de alta presión; si bien la cantidad de calor a remover depende de

La capacidad calorífica de la mezcla gaseosa, de la temperatura de salida del compresor, de la velocidad de flujo másico del gas y de la temperatura final requerida, en algunos casos se recurre a intercambiadores de calor, torres de enfriamiento y recuperadores de agua fría. En las aplicaciones que requiere reducir el contenido de humedad es necesario recurrir a un sistema de secado por refrigeración, a operaciones de absorción o a aplicar burbujeo con glicol. Estas técnicas implican un incremento significativo en el procesamiento del biogás generando un aumento en la corriente de agua contaminada, lo que requiere aplicar tratamientos apropiados de remoción y disposición final.

La presencia de material particulado en la corriente de biogás puede provocar daño en el equipamiento; la forma de control más habitual es la colocación de filtros (los más utilizados son los de acero inoxidable) o el pasaje de la corriente gaseosa a través de un lecho poroso de grava sobre un filtro de material cerámico con la finalidad de remover partículas por debajo de 150  $\mu\text{m}$  y gotas de agua. Los condensadores con malla coalescente o los separadores de ciclón cumplen la doble función de separar gotas y material particulado.

Para la remoción de los compuestos azufrados, la adsorción en lechos rellenos de carbón activado o carbón impregnado con hidróxido de potasio ha demostrado ser una de las tecnologías más apropiadas y aplicables a diversos tamaños de rellenos sanitarios (Roe et al. 1998). En este caso el lecho no es regenerable por lo que el carbón utilizado debe extraerse del sitio para ser regenerado fuera del sistema. Posteriormente se utiliza un sistema de condensación refrigerada que si se aplica en dos etapas ofrece mayor tolerancia frente a variaciones en la concentración de los componentes minoritarios del biogás.

La primera etapa de refrigeración se realiza a aproximadamente 2°C y reduce significativamente las trazas de agua y los hidrocarburos más pesados. Entre la primera y la segunda etapa de refrigeración se utilizan dos lechos de alúmina activada y tamiz molecular, que actúan como deshidratante (uno en uso mientras el otro se regenera) con la finalidad de remover trazas adicionales de agua para prevenir el congelamiento en la segunda etapa de condensación. La segunda etapa de condensación se realiza a 28°C con la finalidad de condensar los hidrocarburos más pesados, disminuyendo además la temperatura del lecho de carbón aguas abajo aumentando la performance de este equipo.

Los condensados removidos de ambas etapas son extraídos del sistema y conducidos al sector de tratamiento de condensados si lo hay o a la planta de tratamiento de lixiviados localizada en el relleno sanitario. Finalmente el gas pasa a través de un filtro que remueve el material particulado y acondicionado a temperatura ambiente antes de ser incorporado al sistema de utilización.

### **2.3.2. Tecnologías de tratamiento secundario del GRS**

Las tecnologías de purificación de biogás que han alcanzado mayor grado de desarrollo, principalmente en países como EEUU y Holanda, se basan en desarrollos para usos específicos como gas para motores de combustión o para utilizar el biogás como gas natural sintético (biometano). Los tratamientos tienden a reducir aquellos constituyentes que resultan agresivos para los motores o producen niveles de emisión de contaminantes por encima de los niveles permitidos.

Las tecnologías más desarrolladas están relacionadas con la remoción de dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y otros componentes que causan deterioro en los componentes de los motores como los siloxanos, que son compuestos siliconados fermentados que durante la combustión se convierten en silicatos y cuarzo disminuyendo el volumen de la cámara de combustión y aumentando la relación de compresión y la abrasión del motor. Dependiendo del nivel de siloxanos, se requiere un tratamiento previo de remoción sobre todo si el GRS será utilizado para la generación de electricidad. El método más común es la adsorción con carbón activado aunque también se utilizan otros adsorbentes como silica gel y otros tratamientos como enfriamiento bajo cero en conjunto con absorción líquida.

Cuando el objetivo es alcanzar el enriquecimiento energético del biogás, la remoción del CO<sub>2</sub> resulta indispensable. Este es un gas ácido que se encuentra en proporciones importantes en el biogás (40-50 %), el cual en combinación con el agua se convierte en un producto altamente corrosivo y que fundamentalmente disminuye el poder calorífico del biogás.

Existe una amplia variedad de tecnologías disponibles para la eliminación de dióxido de carbono, tales como los procesos de absorción (un ejemplo es el proceso Benfield<sup>®</sup> donde se utilizan soluciones de carbonato de potasio o el proceso Amine Guardia FS<sup>®</sup> que utiliza solventes formulados); procesos criogénicos, procesos de adsorción (como la adsorción a presión PSA), absorción de oscilación térmica TSA y tecnología de membranas.

En general, la mayoría de las tecnologías desarrolladas e implementadas sobre la utilización del biogás no incluyen la separación del dióxido de carbono con fines de su posterior uso comercial. Un reporte auspiciado por la EPA y desarrollado por Roe et al. (1998) en el cual se describen las tecnologías desarrolladas y otras en etapas de investigación, discute aspectos técnicos, económicos y ambientales de la recuperación del metano del biogás y destaca los méritos asociados a la recuperación del CO<sub>2</sub> como un producto comercial, teniendo en cuenta que el biogás contiene típicamente entre 30 y 50% de este gas.

Los motivos por los cuales no se intenta alcanzar la recuperación del dióxido de carbono de alta pureza con fines comerciales están relacionados a los altos costos de la re-compresión del gas, a la incapacidad de alcanzar niveles de remoción de las trazas de contaminantes (para alcanzar un CO<sub>2</sub> de alta pureza, 99% o superior) con las tecnologías actualmente disponibles (Acrion, 1992) y a los obstáculos que no tienen relación con lo técnico, tales como la percepción del público acerca del desarrollo de un producto con fines alimenticios (como puede ser su utilización para la carbonatación de bebidas) a partir de los residuos.

#### **2.3.2.1. Técnica de separación por membrana**

Las membranas son delgadas barreras semipermeables que se utilizan para separar selectivamente algunos componentes con diferentes velocidades de difusión. Las membranas utilizadas para la eliminación de CO<sub>2</sub> no funcionan como filtros, donde las pequeñas moléculas se separan de los más grandes a través de un medio con poros, sino que operan bajo el principio de solución-difusión. Mediante el principio de permeabilidad diferencial, las moléculas de CO<sub>2</sub> (y de otros compuestos como el H<sub>2</sub>S y el agua) son separadas de los hidrocarburos, utilizando la presión como fuerza impulsora.

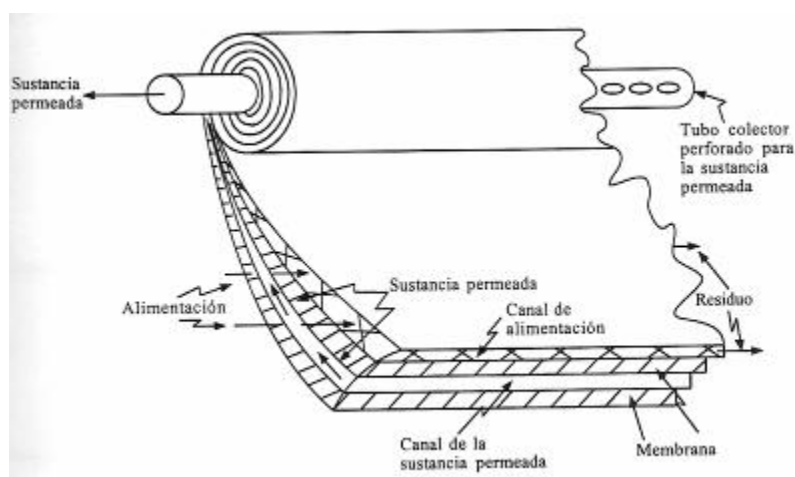
Este sistema opera por un principio de permeabilidad selectiva; cada componente gaseoso tiene una velocidad de permeación específica determinada por la velocidad del componente

que se disuelve en la superficie de la membrana y a la velocidad a la que difunde a través de la misma. Los componentes con mayor velocidad de permeación ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$ ) permearán más rápidamente que los componentes de menor velocidad de permeación ( $\text{N}_2$ ,  $\text{C}_1$ ,  $\text{C}_2$  y los hidrocarburos pesados). De esta manera, el dióxido de carbono es más rápido en términos de permeabilidad que el metano.

Cuando una corriente de estos dos gases entran en contacto con la membrana (*Figura 4.13*), el dióxido de carbono permeará a través de las fibras a mayor velocidad que el metano de tal manera que la corriente de alimentación se separa en una corriente de metano rico (residuo) por el exterior de las fibras de la membrana y una corriente rica en dióxido de carbono (permeado) en el interior de la membrana. La fuerza impulsora primaria de la separación es la diferencia de presión parcial del componente permeante por lo que la pureza del producto y la superficie de membrana requerida están determinadas por la diferencia de presión entre el gas de alimentación y el gas permeado y por la concentración del componente permeante.

Habitualmente, las membranas disponibles comercialmente para la remoción de  $\text{CO}_2$  se basan en polímeros como acetato de celulosa, poliamidas, polisulfonas, policarbonatos y polieterimidias. Las más utilizadas son las de acetato de celulosa. Estos sistemas se construyen en forma de paquetes de gran número de fibras huecas arregladas en un recipiente a presión. Las membranas procesan altos contenidos de  $\text{CO}_2$  de entrada, hasta valores del orden del 70%, permitiendo una salida de hasta 2%. Para bajos requerimientos de salida de  $\text{CO}_2$ , es común instalar dos etapas de membranas, ya que debido a los altos requerimiento de área de permeación, los hidrocarburos también llegan a permear junto al  $\text{CO}_2$ , perdiéndose en la corriente de venteo. En ese caso, un compresor recircula el permeado haciéndolo pasar por una segunda etapa de membranas (Environment Agency, 2004).

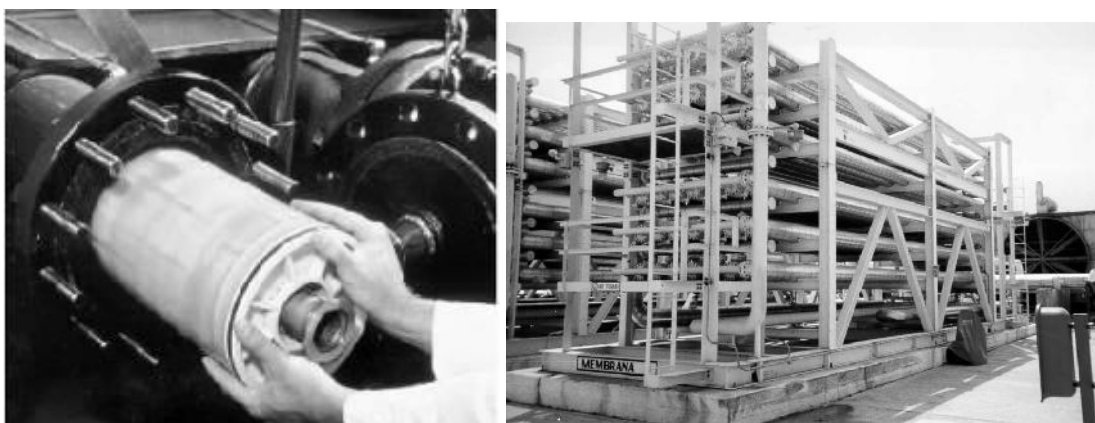
**Figura 4.13. Detalle de un sistema de membrana: elementos enrollados en espiral y ensamble. Fuente: Geankoplis (1998)**



Para la selección de una determinada membrana se requiere identificar tanto la permeabilidad como la selectividad de la misma ya que a mayor permeabilidad se requiere menor área de membrana para una determinada separación, y por lo tanto menor será el costo del sistema. Cuanto mayor es la selectividad, menores son las pérdidas de hidrocarburos al remover el  $\text{CO}_2$  y por lo tanto, mayor recuperación del componente deseado.

Desafortunadamente, la alta permeabilidad del CO<sub>2</sub> no se corresponde con una alta selectividad, siendo esto un objetivo de investigación científica constante, lo que obliga a un compromiso entre ambos parámetros. La opción habitual es utilizar un material altamente selectivo para aumentar la permeabilidad aunque el reducido espesor de la membrana la hace frágil y por lo tanto, de corta durabilidad. Un desafío que está aún en desarrollo es alcanzar membranas de poco espesor con alta resistencia mecánica que permita niveles de permeabilidad altos.

**Figura 4.14. Izq. Colocación de una unidad de membrana Separex® (Gentileza Flargent S.A. Argentina, de UOP, USA). Der. Montaje de una unidad.**



El mayor beneficio de un sistema de separación por membranas es la versatilidad, la baja competitividad con el proceso de remoción de CO<sub>2</sub> y una mayor eficiencia por volumen de producto removido en relación a las unidades de acetato de celulosa en espiral (Environment Agency, 2004) aunque su aplicación se orienta a procesos que tienen grandes flujos y altos niveles de CO<sub>2</sub>.

### **2.3.2.2. Proceso de absorción con agua, aminas u otros solventes**

El principio de este proceso es la absorción a alta presión del biogás con **agua presurizada** lo que permite remover una proporción significativa de gases ácidos contaminantes (incluido el CO<sub>2</sub>) los cuales se pueden eliminar por lavado con agua en una corriente de aire o vapor en una torre de absorción. El agua regenerada puede ser recirculada para uso posterior.

La principal desventaja es el alto consumo de energía asociado al bombeo y manejo de los flujos circulantes. El proceso también remueve sulfuro de hidrógeno. Una opción a este sistema con la finalidad de reducir costos es realizar la absorción en una solución acuosa de carbonato de potasio. Este proceso es viable para gases con concentraciones moderadas de dióxido de carbono y bajas concentraciones de sulfuro de hidrógeno.

La solución de carbonato de potasio es relativamente estable aunque puede ser neutralizada en presencia de dióxido de azufre y degradada en presencia de monóxido de carbono. La eficiencia global del proceso no es muy alta aunque puede mejorarse “dopando” la solución con aditivos o promotores tales como aminas que mejoran selectivamente la velocidad de



absorción. Este proceso según experiencias comerciales ha demostrado reducir la concentración de dióxido de carbono a menos del 2% en volumen y de sulfuro de hidrógeno a aproximadamente 10 ppm v/v (Environment Agency, 2004).

Entre las **aminas** más utilizadas se encuentra la monoetanolamina MEA, dietanolamina DEA, metildietanolamina MDEA, y también se utilizan solventes específicos como Selexol, Kryosol que tienen preferencia por la absorción de gases en la fase líquida. Los NMOCs son generalmente cien o mil veces más solubles que el metano y a su vez el dióxido de carbono es quince veces más soluble que el metano, por lo tanto, al mejorar la solubilidad con la presión, se logra la separación de estos componentes del metano.

Las etapas básicas que requiere el proceso de absorción son:

- compresión del gas hasta 2 MPa (aproximadamente 20 bar)
- remoción de humedad a través de un ciclo de refrigeración
- remoción de H<sub>2</sub>S en un medio sólido (esponja de hierro o similar)
- remoción de VOCs en un absorbedor primario
- remoción de CO<sub>2</sub> en un absorbedor secundario
- secado y posterior compresión para la posterior transmisión

Una de las desventajas de este proceso es que requiere de una recuperación posterior del solvente a través de un proceso de destilación.

### 2.3.2.3. Proceso de tamiz molecular

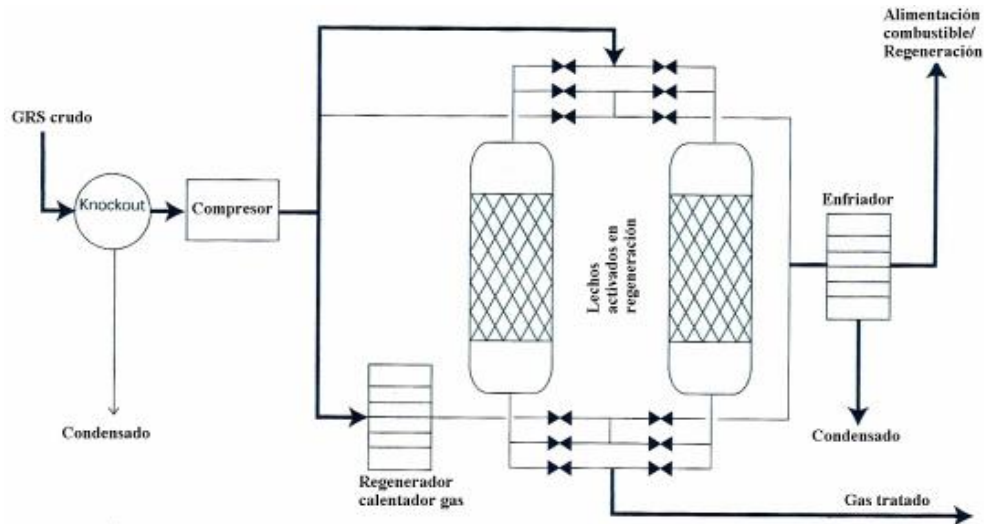
Este proceso, también conocido como adsorción a presión oscilante (*pressure swing adsorption PSA*) tiene lugar a elevada presión y la separación ocurre cuando la presión sobre el adsorbente disminuye (de ahí el nombre "oscilante" o swing). Este proceso se lleva a cabo en cuatro etapas: adsorción a alta presión, despresurización a presión ambiente, absorción bajo vacío del dióxido de carbono y re-presurización del producto.

Existen dos tipos básicos de adsorbentes: las mallas moleculares y los lechos de carbón activado que son utilizados para la purificación de gas. La malla molecular es esencialmente un lecho empacado de material granular que tiene propiedades específicas de adsorción, variables en función del gas a separar. El material granular es típicamente un mineral del tipo aluminosilicatos llamado zeolita, el cual presenta una gran área superficial interna que puede adsorber el dióxido de carbono efectivamente y en forma preferencial.

Dado que el proceso sólo puede operar en forma batch, una planta de este tipo necesita múltiples recipientes en cascada, algunos de los cuales remueven el dióxido de carbono y los otros recargan la zeolita agotada. Para que un sistema sea efectivo, el gas debe ser pre-tratado para remover sulfuros y secado para remover trazas de agua y vapor. Este tipo de mallas moleculares no remueven nitrógeno. Los lechos de carbón activado trabajan en un sistema a alta presión de manera tal que cuando el lecho es despresurizado el metano y el dióxido de carbono son desorbidos a diferentes velocidades permitiendo su separación (*Figura 4.15.*).

Para alcanzar un flujo continuo del producto se deben configurar un número determinado de recipientes contiguos de manera tal que algunos adsorben mientras otros generan los productos en la fase de desorción. Tecnologías de este tipo han sido implementadas para la purificación del GRS en Palos Verdes y Mountain View, California (Environment Agency, 2004).

**Figura 4.15. Proceso simplificado a presión oscilante usando carbón activado.**



**Fuente: traducción de Environment Agency (2004).**

Existe también el proceso criogénico que implica el enfriamiento y licuefacción del gas para alcanzar la separación del CO<sub>2</sub> aunque para este proceso según Environment Agency (2004), es más apropiado aplicar la licuefacción del metano a partir de una corriente previamente tratada a la cual se le ha removido el dióxido de carbono.

Comparativamente, la utilización de membranas tiene las ventajas de:

- requerir menor costo de capital pues se montan en estructuras modulares que pueden adicionarse periódicamente y que no requieren preparación del terreno disminuyendo los costos de instalación sobre todo en instalaciones remotas,
- no requieren zonas de almacenamiento de solvente ni de tratamiento y bombeo de agua,
- presenta bajos costos operativos (el único más importante es el de reemplazo de membrana); bajo consumo de energía en comparación con los sistemas que utilizan etapas de compresión,
- eficiencia de espacio como muestra la *Figura 4.16* (unidad de la membrana en la esquina inferior izquierda en comparación con la planta de aminas que muestra el resto de la imagen),
- eficiencia del diseño pues la membrana y los sistemas de pretratamiento se integran en una serie de operaciones, tales como la deshidratación, la eliminación de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S, el control del punto de rocío, y la eliminación de mercurio mientras que las tecnologías

tradicionales de eliminación de CO<sub>2</sub> requieren todas estas operaciones como procesos separados,

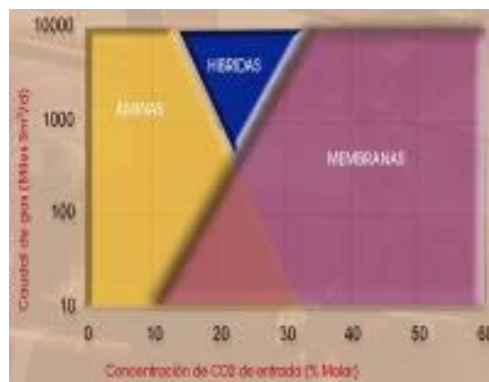
- permite la generación de energía ya que el gas permeado se puede utilizar para proporcionar combustible para la planta,
- protección al medio ambiente pues estos sistemas no tienen eliminaciones ni manipulan solventes,

La *Figura 4.17.* permite identificar las tecnologías más adecuadas para la remoción del CO<sub>2</sub> en función de su concentración en el biogás.

**Figura 4.16. Comparación entre el uso del espacio para un sistema de adsorción por membranas (izq.) y un proceso absorción con aminas (resto de la imagen)**



**Figura 4.17. Tecnologías de remoción de CO<sub>2</sub>**



Fuente: [www.flargent.com](http://www.flargent.com)

La *Tabla 4.4.* compara las características del biometano según las diferentes tecnologías descriptas.

**Tabla 4.4. Comparación de tecnologías de enriquecimiento energético de biogás**

	Absorción con agua	Absorción con aminas	PSA	Membranas
Consumo de energía, Wh/m <sup>3</sup> biogás	0.3	0.67	0.27	N/D
Recuperación de metano, %	98.5	99	83-99	90
Remoción de H <sub>2</sub> S	sí	contaminante	contaminante	posible
Remoción de agua líquida	sí	contaminante	contaminante	no
Remoción de vapor de agua	no	sí	sí	no
Remoción de N <sub>2</sub> y O <sub>2</sub>	no	no	posible	parcial

Fuente: Elaboración propia en base a Feasibility Study. Biogas upgrading and grid injection in the Fraser Valley, British Columbia. Electriganz, Final Report, Junio 2008.

### 3. IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS EXISTENTES O EN DESARROLLO PARA LA IMPLEMENTACIÓN A NIVEL LOCAL

---

#### 3.1. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de GRS

La tecnología para la captura de biogás en rellenos sanitarios no es una práctica usual en Argentina. Si se considera que sólo en el 11% de la población del país está incluida en sistemas de disposición final de RSU controlada, principalmente aquella vinculada a las grandes ciudades, la captura de biogás es aún una cuenta pendiente en el sistema de gestión integral de RSU de Argentina. El resto de las poblaciones disponen sus RSU en BCA o con mínima protección ambiental.

Aún así, existen en Argentina aproximadamente 31 sitios de disposición final de residuos con diferente grado de control de lixiviados y de emisiones. De todos estos sitios sólo 9 han avanzado en la captura de biogás. Las tecnologías utilizadas en estos casos consisten básicamente en sistemas de captura de GRS basados en redes de tubos perforados verticales o trincheras horizontales instaladas dentro de las celdas ya cerradas de disposición final de RSU por los cuales circula el gas que es succionado de la masa de residuos por medio de turbinas o bombas de vacío que lo transportan hacia una planta de combustión donde se le hace un tratamiento previo (básicamente separación de condensados) para luego ser quemado en una antorcha de manera de asegurar la destrucción del metano y permitir la obtención de certificados de reducción de emisiones.

Los sistemas de captura y quemado de biogás instalados hasta el momento en Argentina pertenecen a tecnologías provistas por empresas de países desarrollados como Holanda (Villa Domingo), Italia (Norte IIB), Canadá (Ensenada y González Catán) y España (Fachinales, Misiones); sólo en un solo caso se instaló un sistema de captura y combustión de GRS desarrollado a partir de ingeniería, tecnología y proveedores locales (Olavarría).

Hasta el momento, sólo un par de casos han avanzado en la utilización del biogás para la generación de electricidad, en una primera etapa para el consumo local para luego derivar el exceso de electricidad al sistema interconectado nacional en el marco del programa GENREN<sup>66</sup>. Otro segundo caso ha avanzado en la utilización del biogás como fuente de energía térmica, sin tratamientos adicionales. En este caso se utiliza el biogás como combustible en un horno pirolítico para el tratamiento de residuos patológicos, en un sistema de co-combustión con GLP.

De todos los sitios de disposición final de RSU identificados en Argentina, al menos veinte de ellos tienen posibilidades de capturar el biogás para usarlo como energía térmica o eléctrica, muchos de ellos vinculados a las capitales de provincia o ciudades cabeceras de partidos con más de 100.000 habitantes. La tecnología para la captura y el uso del biogás están disponibles comercialmente, incluso existe capacidad para el desarrollo de proveedores locales.

Como el uso de GRS no es una práctica común, el desarrollo de tecnología para la producción de electricidad se encuentra aún en un estado más rezagado de desarrollo. Por otro lado, la generación de electricidad en Argentina se ha caracterizado por la utilización de combustibles fósiles (principalmente gas natural y fuel oil) y recién en el año 2008 han surgido iniciativas

---

<sup>66</sup> <http://energia3.mec.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3291>

estatales, como la Ley 26.190 y las licitaciones en el marco del GENREN, que promueven la generación de electricidad a partir de fuentes de energía renovables, como biomasa, mini-hidráulica, eólica y solar fotovoltaica. La finalidad de esta política es incrementar la participación de las energías renovables en la matriz energética argentina y alcanzar el 8 % de la producción de energía eléctrica nacional con estas fuentes renovables en un plazo de diez años<sup>67</sup>. Este marco regulatorio ha planteado un incentivo a la producción de electricidad a partir de biogás aunque el requerimiento mínimo de producción de 1 MW relega al plano de los rellenos sanitarios más grandes la posibilidad de comercializar la energía generada a la red nacional.

De todas maneras, esto ha generado algunas iniciativas como la surgida en el relleno sanitario Norte III del Complejo CEAMSE donde se está instalando la primera planta de generación de energía a partir de GRS en el marco del programa GENREN convocado por ENARSA para la provisión de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

La planta demandará una inversión aproximada de 30 millones de dólares y tendrá una potencia instalada de 11,8 MW, generando en forma permanente 10 MW. Es decir, producirá la energía para un consumo promedio de hasta 15.000 habitantes. Además de la central, la obra contempla el sistema de extracción y captación del biogás proveniente del módulo C del Complejo Ambiental Norte III, como así también el tendido de transmisión eléctrica hacia el sistema de interconectado nacional. La sociedad ejecutora de la obra será Central Buen Ayre S.A, empresa perteneciente 100% a Benito Roggio Ambiental, la cual se adjudicó por 14 años el diseño, construcción y operación de la central térmica de generación de electricidad<sup>68</sup>.

Este proyecto producirá electricidad a partir de motores de combustión interna. Con respecto a esta tecnología, si bien algunas empresas que fabrican estos equipos para diversas escalas de producción de biogás como Guascor y Caterpillar tienen representación en Argentina, no se ha desarrollado comercialmente la fabricación de equipos específicos para biogás de origen nacional. Para proyectos de pequeña escala, que puede ser una solución para muchos casos de Argentina, por la baja concentración de población que existe en el interior del país, la implementación de microturbinas representa una tecnología más viable desde el punto de vista técnico, aunque no cuenta con desarrollo de proveedores locales.

Otras tecnologías para optimizar la producción y provisión de GRS en sitios de disposición final de RSU como los bioreactores, cuenta con una experiencia piloto en Argentina aunque no ha avanzado y ha sido dificultosa su sostenibilidad en el tiempo. La iniciativa se encuentra en la provincia de Tucumán, donde en el año 2006 se instaló una planta piloto en el sitio de disposición final de residuos Pacará Pintado, que recibe los RSU de la capital y algunas localidades vecinas.

La empresa canadiense Conestoga Rovers instaló un sistema de bioreactores que actúan a modo de celdas cubiertas con una membrana aislante de manera de facilitar el incremento de humedad de los residuos, ayudado por la recirculación de los lixiviados, proceso que acelera la biodegradación de los RSU a través de una mejor distribución de humedad, nutrientes, enzimas y bacterias. Este proceso acelera la producción de gas, aumentando la capacidad de los vertederos por disminución del volumen de residuos. Este sistema se encuentra instalado en un par de celdas, no se extendió al resto de las mismas y si bien cuenta con un sistema de

---

<sup>67</sup> La ley Federal 24065 y las Resoluciones nacionales N° 1281/2006, 220/2007 y 269/2008 establecen los requerimientos que deben cumplir los candidatos a ser generadores de electricidad.

<sup>68</sup> <http://www.ecopuerto.com/popupHTML.asp?html=ecohtml/940-BenitoRoggioAmbiental.html>

captura y quemado del biogás, en la actualidad no se encuentra operativo ni se proyecta un uso para el recurso.

### **3.2. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de la combustión de RSU**

No existen experiencias de incineración de RSU en Argentina con fines de aprovechamiento energético. Es posible suponer que la disponibilidad de espacio físico y la composición física de los residuos (alto porcentaje de materia orgánica y humedad) no hayan promovido su implementación, más allá de los altos costos que implica la instalación de una planta incineradora con tecnologías modernas para el control de polución y de emisiones contaminantes.

Los intentos de instalación de hornos incineradores de RSU han tenido fuerte resistencia en varias provincias como Santa Fe<sup>69</sup> y Córdoba<sup>70</sup>. La ONG Greenpeace tuvo fuerte participación en la promulgación en el año 2005 de la Ley 1.854 de Basura Cero para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires a través de la cual se prohíbe la incineración de los RSU.

Considerando la combustión en masa de los RSU, el alto contenido de materia orgánica puede determinar en algunos casos la necesidad de utilizar un combustible auxiliar para lograr la combustión de los residuos, lo que disminuye su eficiencia energética y requiere aplicar un balance global de emisiones para evaluar la capacidad de mitigación de GEIs que tendría esta tecnología.

En cuanto al acceso a la tecnología, existen proveedores en Argentina para el suministro de la ingeniería y operación de plantas de tratamiento tipo WTE<sup>71</sup> de diferentes capacidades con turbinas y sistemas de co-generación. También existen en el mercado proveedores de hornos y unidades de tratamiento térmico habitualmente utilizado para la destrucción de residuos patogénicos.

### **3.3. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de biodigestión anaeróbica**

Durante los últimos años, y fundamentalmente en el marco del incentivo del MDL, se han instalado en Argentina algunas lagunas anaeróbicas con captura de biogás y un par de reactores anaeróbicos de tipo UASB. En la mayoría de los proyectos se utiliza el biogás capturado como fuente de energía térmica para autoconsumo, reemplazando el gas natural utilizado en las calderas para la producción de vapor para los propios procesos. La siguiente tabla resume las tecnologías de tratamiento de efluentes para la producción de biogás actualmente en operación en Argentina.

---

<sup>69</sup> [http://www.taller.org.ar/menu/archivos/Antecedentes\\_Incineracion.pdf](http://www.taller.org.ar/menu/archivos/Antecedentes_Incineracion.pdf)

<sup>70</sup> <http://www.alihuen.org.ar/coalicion-ciudadana-anti-incineracion/piden-prohibir-la-incineracion-de-res-2.html>

<sup>71</sup> <http://www.edalre.com.ar/documentacion/biblioteca/info-rsu.pdf>

**Tabla 4.5. Proyectos implementados de captura y utilización de biogás a partir de efluentes agro-industriales**

Proyecto	Tecnología	Utilización
Producción de biogás a partir del tratamiento de efluentes de la industria cítrica. Tucumán (Famaillá).	Reactor UASB de tecnología Enprotech Corporation EEUU). Reactor de mezcla completa y volumen constante.	Quemado
Producción de biogás a partir del tratamiento de efluentes de la industria cítrica. Tucumán (Citromax)	Reactor UASB de tecnología Enprotech Corporation EEUU).	Energía térmica para el proceso
Producción de biogás a partir del tratamiento de efluentes de la industria cítrica. Tucumán (Citrusvil)	Reactor de tipo contacto provisto por Biotec International SC de Bélgica con separación de condensados, filtros biológicos con bacterias (Thiobacillus) y químicos (con filtros químicos con Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) para la eliminación de SH <sub>2</sub>	Energía térmica para el proceso
Producción de biogás a partir de la fabricación de levaduras. Tucumán (Calsa)	Reactor (anaeróbico) ADI- BVF de tecnología canadiense	Energía térmica para el proceso
Producción de biogás a partir de la producción de almidón. Santa Fe (Semino)	Reactor anaeróbico de lecho cubierto (Covered In-Ground Anaerobic Reactor, CIGAR) de última generación, diseñado por Waste Solutions Ltd, empresa con base en Nueva Zelanda ( <a href="http://www.wastetechnz.com">www.wastetechnz.com</a> ). El reactor CIGAR se compone de una laguna de lecho cubierto por una membrana flotante de polietileno de alta densidad y fondo cubierto	Energía térmica: 10 MWth
Captura de metano por manejo de estiércol. Buenos Aires (Marcos Paz)	Laguna cubierta, tecnología brasilera	Energía térmica para el proceso y resto quemado
Captura de metano de los efluentes de producción de derivados del maíz. Buenos Aires, Baradero (Productos de Maíz S.A.)	Bioreactor de tecnología brasilera (Dedini/Paques)	Energía térmica para el proceso
Captura de metano de los efluentes de producción de derivados del maíz. Buenos Aires, Chacabuco (Productos de Maíz S.A.)	Bioreactor de tecnología brasilera (Dedini/Paques)	Energía térmica para el proceso
Captura de metano de los efluentes de un frigorífico avícola (Las Camelias S.A., Entre Ríos)	Laguna cubierta	Energía térmica para el proceso
Captura de metano por manejo del estiércol. Córdoba, Hernando, La Laica S.R.L.	Laguna cubierta y microturbina Capstone CR30 para la generación de electricidad. Proveedor PFI Energy & Ecology S.A. <a href="http://www.pfienergy.com.ar/blog1">http://www.pfienergy.com.ar/blog1</a>	Generación de electricidad

Como puede observarse, el biogás capturado por la descomposición anaeróbica de los efluentes se ha alcanzado implementando tecnologías foráneas y en la mayoría de los casos se utiliza para la provisión de energía térmica para los mismos procesos. Sólo un emprendimiento local desarrollado a partir de tecnología brasilera, que utiliza el biogás capturado en las lagunas cubiertas para la desactivación térmica de soja ha comenzado a desarrollarse como proveedor del servicio de instalación de sistemas de captura de biogás.

En los últimos años han surgido empresas que ofrecen soluciones llave en mano con sistemas opcionales de generación de electricidad, ofreciendo al mercado local biodigestores de tipo membrana de diversos tamaños que incluyen el sistema de captación y purificación de biogás, servicios de puesta en marcha, operación y mantenimiento.

### **3.4. Producción de biometano**

La experiencia desarrollada en Argentina con respecto a la purificación del biogás consiste básicamente en tratamientos primarios de eliminación de partículas (filtración), de condensados y restos de vapor de agua previos al quemado del gas en antorcha. Estas tecnologías se aplican tanto al GRS como al biogás capturado en las plantas de tratamiento de efluentes y han sido provistas por las mismas empresas proveedoras de la tecnología de captura de biogás.

En cuanto al enriquecimiento energético del biogás (o GRS) para utilizarlo como GNC o para ser inyectado a la red, esta no es una opción que esté disponible comercialmente en Argentina a pesar de que hay proveedores del sector gas y petróleo<sup>72</sup> con experiencia en algunas tecnologías de separación del CO<sub>2</sub>, como son las tecnologías de separación con membranas y sistemas de absorción con aminas, aunque a una escala es sensiblemente superior a las que se pueden aplicar para proyectos de captura de biogás (o GRS). Las limitaciones a esta tecnología están vinculadas a la escala de los proyectos, al bajo valor actual de la energía (eléctrica y gas natural) y a la extensa red de provisión de gas natural y de energía eléctrica de Argentina.

La provisión de tecnología de purificación de biogás (o GRS) con diferentes grados de "calidad energética" en función del uso posterior del GRS es un nicho de potencial desarrollo en Argentina, aún no explotado dada las actuales condiciones del mercado eléctrico y de gas natural, servicios que a nivel residencial cuentan con subsidios del Estado Nacional y en menor medida para el sector productivo.

---

<sup>72</sup> Flargent es una compañía dedicada a la provisión de equipamiento para la industria del gas y petróleo desde el año 1982 y tiene experiencia en la implementación de procesos de remoción de CO<sub>2</sub> por tecnologías de membrana <http://www.flargent.com/About-SP.php>



## 4. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

A continuación se realiza una evaluación del potencial de mitigación que tienen las tecnologías analizadas:

- 4.1. Captura de GRS para uso como fuente de energía térmica (base reemplazo de gas natural) y para la generación de electricidad
- 4.2. Combustión de RSU para uso como fuente de energía térmica (vapor, considerando como combustible de reemplazo gas natural) y para la generación de electricidad
- 4.3. Digestión anaeróbica con captura de biogás para uso como energía térmica (base reemplazo de gas natural) y para la generación de electricidad<sup>73</sup>.

El potencial de mitigación se estimó como la diferencia entre las emisiones de cada sector (RSU, residuos agropecuarios o efluentes industriales) en el escenario de la práctica usual (BAU) y las emisiones que se generarán una vez implementada la tecnología correspondiente. Para todos los casos se calculó el potencial de mitigación de cada una de las tecnologías aplicando un factor de disponibilidad de las instalaciones y un rendimiento específico para cada tecnología. No se consideraron emisiones netas, es decir, no se sustrajeron las emisiones por uso de combustibles fósiles por el transporte, manejo o por los procesos individuales, por considerar que este estudio es una evaluación preliminar y no se profundiza en las características particularidades de cada proceso tecnológico.

### 4.1. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de GRS

La metodología aplicada para el cálculo del potencial de mitigación de GEIs a partir de la captura de GRS y su uso como fuente de energía térmica o electricidad se basa en la suma de la mitigación por la captura del metano contenido en el GRS más las emisiones evitadas por sustituir combustible fósil considerando la sustitución del gas natural cuando el GRS se utiliza como fuente de energía térmica o el factor de emisión de CO<sub>2</sub> de la red eléctrica en el caso de la generación de electricidad:

$$\text{Mitigación} = \sum (\text{Emisiones por captura } CH_4 + \text{Emisiones por sustitución fósil}) \quad (1)$$

Para el cálculo de las emisiones por captura de metano se aplicaron las siguientes consideraciones:

- 1) Se consideran los rellenos sanitarios en operación (Escenario I) y los sitios de disposición final con posibilidades de capturar el GRS en el corto plazo (Escenario II<sup>74</sup>)
- 2) además de información específica de cada uno de los sitios, de la composición de los residuos depositados (Tabla 4.6) y de la tasa de generación de RSU por habitante<sup>75</sup> (Tabla 4.7).

<sup>73</sup> Para la estimación no se discrimina entre laguna cubierta o reactor anaeróbico; se consideran para ambos sistemas el mismo porcentaje de disponibilidad de la materia orgánica para su conversión en metano y el mismo porcentaje de captura de biogás.

<sup>74</sup> Se consideraron que las ciudades con más de 100.000 hab contarán en el corto plazo con rellenos sanitarios con posibilidades de capturar el GRS.

**Tabla 4.6 Composición de RSU y tasa de degradabilidad**

Residuo	Fracción %	DOCi %	k <sup>a</sup>
Papel/cartón	17.3	40	0.06
Textiles	2.3	24	0.03
Residuos de comida	47.4	15	0.185
Madera	2.0	43	0.03
Residuos de poda, jardín	0.0	20	0.1
Pañales	4.5	24	0.1
Plásticos	13.5		
Vidrio	6.0		
Metales	3.15		
Otros	6.8		

<sup>a</sup> IPCC (2006)

**Tabla 4.7. Tasa de generación de RSU.**

Año	kg/hab/día
1980	0.750
2001	0,88
2002	0,67
2003	0,80
2004	0,92
2005	0,91
2006	0,86*
2007	0,86*
2008	0,86*
2009	0,86
2010	0,867

\* Tomados en base al año 2009 ante la ausencia de datos de SAYDS  
Fuente SAYDS (2010)

3) Para el cálculo de las emisiones de metano se utilizó la metodología del Tier 2 sugerido en las Guías 2006 de IPCC a partir de las siguientes consideraciones:

- Tipo de sitio: manejo anaeróbico, manejo semi-aeróbico, no manejado profundo (> 5 m), no manejado poco profundo (< 5 m), no categorizado
- Temperatura: boreal MAT<20 °C, húmedo (MAP/PET<sup>76</sup> >1)
- Contenido de carbono degradable DOC=0.5
- Fracción de metano en el GRS F=0.5 (valor por defecto)
- Factor de oxidación Ox=0
- Factor de manejo MCF en función del tipo de sitio<sup>77</sup>
- Potencial de generación de metano Lo=0.0549 ton CH<sub>4</sub>/ton RSU calculado a partir de la composición de RSU<sup>78</sup> (Tabla 4.6.)
- Tasa de degradabilidad k de las Guías IPCC 2006 para cada fracción de residuos según su velocidad de degradación (Tabla 3.3, Vol. 5, Cap. 3)

Para el escenario I, se consideraron los rellenos sanitarios o vertederos controlados en operación o cerrados (Tabla 4.8) mientras que para el escenario II se consideró que todas las ciudades con más de 100.000 habitantes dispondrán los RSU en rellenos sanitarios. Para este caso se consideró la población de cada una según el censo nacional 2010 y se aplicó la tasa de

<sup>75</sup> Para los rellenos sanitarios en operación se utilizaron los datos publicados en los proyectos MDL registrados (www.unfccc.int) mientras que la tasa de generación de RSU se tomó de ENGIRSU (2005) considerando que IPCC (2006) recomienda utilizar información histórica de buena calidad como requisito para la aplicación del Tier 2.

<sup>76</sup> MAT es la temperatura media anual y PET la evapotranspiración potencial

<sup>77</sup> Tabla 3.1, Vol. 5 Capítulo 3 Disposición de Residuos Sólidos, IPCC 2006.

<sup>78</sup> Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (<http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>) promedio calculado de los valores reportados en la Tabla 3.6-1, pág. 611, Tomo III). Se añadió el porcentaje de pañales reportado en la ENGIRSU, 2005, Tabla B.1.1 III: Variación de la composición de residuos residenciales de la Cdad. de Buenos Aires (2001 vs. 2002). Fuente: CEAMSE, 2003.

generación al año 2010 (0.867 kg/hab.día) afectada por un crecimiento en función del PBI (considerado 6%) para el período 2010-2020 (Tabla 4.9).

**Tabla 4.8. Rellenos sanitarios con captura actual y potencial de biogás (Escenario I)**

Nombre relleno sanitario	Provincia	Estado	Factor de manejo MCF
Norte III	Area metropolitana	Cerrado	1
Norte IIIA	Area metropolitana	Cerrado	1
Norte IIIB	Area metropolitana	En operación	1
Villa. Domingo	Area metropolitana	Cerrado	1
Ensenada-González Catán	Area metropolitana	En operación	1
Olavarría	Buenos Aires	En operación	1
Pergamino	Buenos Aires	En operación	1
San Nicolás	Buenos Aires	En operación	1
Bahía Blanca	Buenos Aires	En operación	0.8
Mar del Plata	Buenos Aires	En operación	0.6
Puente Gallego	Santa Fe	En operación	1
Santa Fe Capital	Santa Fe	Cerrado	0.8
Bower	Córdoba	Cerrado	0.8
Río IV	Córdoba	En operación	1
Las Heras	Mendoza	En operación	1
Salta Capital	Salta	En operación	1
Fachinales	Misiones	En operación	1
Pacará Pintado	Tucumán	Cerrado	0.8
Los Vazquez	Tucumán	Cerrado	0.8

**Tabla 4.9. Generación de RSU según Escenario II**

Rango de Población (cantidad de ciudades)	Población promedio/ciudad	RSU ton (2010)
100.000-200.000 (42)	136.491	41.306
200.000-300.000 (10)	244.510	69.579
300.000-500.000 (6)	349.563	201.507

Las emisiones de CH<sub>4</sub> se calcularon según las ecuaciones sugeridas en la Guías IPCC (2006) que a continuación se indican:

$$EmisionesCH_4 = \sum_x [CH_4 generated_{x,T} - R_T] * (1 - Ox_T) \quad (2)$$

$$CH_4 generated_T = DDOCmdecomp_T * F * 16/12 \quad (3)$$

$$DDOCmdecomp_T = DDOCma_{T-1} * (1 - e^{-k}) \quad (4)$$

$$DDOCma_T = DDOCmd_T + (DDOCma_{T-1} * e^{-k}) \quad (5)$$

$$Lo = DDOCm * F * 16/12 \quad (6)$$

$$DDOC_m = W * DOC * DOC_F * MCF \quad (7)$$

donde:

**DOC:** carbono orgánico degradable en el año de disposición, Gg C/Gg RSU

**DOC<sub>F</sub>:** fracción de DOC que se puede descomponer

**DDOCm:** masa de DOC descomponible, Gg

**W:** masa de RSU depositados, Gg

**MCF:** factor de corrección de CH<sub>4</sub> para descomposición anaeróbica en el año de disposición, fracción

**16/12:** relación de pesos moleculares CH<sub>4</sub>/C

**F:** fracción de metano en el GRS, fracción en volumen

**T:** año de cálculo

**x:** categoría de residuo o tipo/material

**R<sub>T</sub>:** recuperado

**OXT:** factor de oxidación en el año T, fracción

**DDOCma<sub>T</sub>:** DDOCm acumulado en el relleno sanitario al final del año T, Gg

**DDOCma<sub>T-1</sub> DDOCm** acumulado en el relleno sanitario al final del año T-1, Gg

**DDOCmd<sub>T</sub>:** DDOC depositado en el relleno sanitario en el año T, Gg

**DDOCmdecomp<sub>T</sub>:** DDOCm descompuesto en el relleno sanitario en el año T, Gg

**k:** constante de reacción,  $k = \ln 2 / t^{1/2}$  (y<sup>-1</sup>)

**t<sup>1/2</sup>:** tiempo medio, y

Una vez calculadas las emisiones de metano (ec. 1), para el cálculo de las emisiones por sustitución de combustibles fósiles (de la misma ecuación) se evaluó el potencial de producción de energía térmica y de producción de electricidad a partir del metano capturado considerando:

Para la producción de energía térmica:

- una eficiencia de captura de GRS de 60 %
- una eficiencia de producción de vapor (caldera) de 85%
- un factor de disponibilidad del sistema de 90%
- el poder calorífico del CH<sub>4</sub> (50.050 kJ/kg u 8300 kcal/m<sup>3</sup>)
- el factor de emisión del gas natural (56.14 tCO<sub>2</sub>/TJ, dato local<sup>79</sup>)

<sup>79</sup> Dato local publicado en la Segunda Comunicación del Gobierno de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Inventario de Gases de Efecto Invernadero, Tomo IV, Apéndice 1, pág. 686 (2005) [http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/file/parte4\\_inventario\\_gases.pdf](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/file/parte4_inventario_gases.pdf)

- el poder de calentamiento global PCG de 21 para convertir las emisiones de CH<sub>4</sub> en ton equivalentes de CO<sub>2</sub>

Para la producción de electricidad:

- una eficiencia de captura de GRS de 60 %
- una disponibilidad del sistema de 90%
- el poder calorífico del CH<sub>4</sub>, PCCH<sub>4</sub> (50.050 kJ/kg)
- un factor de generación de energía térmica en motores de combustión interna de 10.800 kJ/kWh (considerando una eficiencia de conversión de energía térmica a energía mecánica del 30%)
- el factor de emisión de la red eléctrica de 0.482 tCO<sub>2</sub>/MWh, dato local<sup>80</sup>, correspondiente al año 2010
- el poder de calentamiento global PCG de 21 para convertir las emisiones de CH<sub>4</sub> en ton equivalentes de CO<sub>2</sub>

Aplicando los criterios arriba detallados, el potencial de mitigación de la tecnología de captura de GRS para la producción de energía térmica o para la producción de electricidad para los escenarios I y II se muestran en la *Tabla 4.10*. y corresponden al promedio anual para el período 2010-2020. El escenario I indica la capacidad de mitigación en los sitios de disposición final controlados con y sin captura de GRS y tomando los últimos 10 años de deposición de RSU. El escenario II indica el potencial a futuro, una vez se construyan rellenos sanitarios con captura de GRS en todas las ciudades con más de 100.000 habitantes.

**Tabla 4.10 Potencial de mitigación (tCO<sub>2</sub>/año) por el uso de GRS para el período 2010-2020**

GRS	Mitigación por captura de metano	Mitigación por producción de energía Térmica	Mitigación por producción de electricidad	Mitigación total por año
Escenario I	2.310.573	236.504		2.547.077
Escenario II	1.200.981	122.929		1.323.910
<b>Subtotal</b>				<b>3.870.987</b>
Escenario I	2.310.573		221.192	2.531.765
Escenario II	1.200.981		114.971	1.315.951
<b>Subtotal</b>				<b>3.847.717</b>

Como puede observarse, los impactos de mitigación de la tecnología son similares tanto para la generación de electricidad como de energía térmica, representando cualquiera de las formas de producción de energía aproximadamente el 10% del potencial de mitigación total. Esto se explica por el mayor impacto que tiene la captura de metano, en términos de su potencial de calentamiento global respecto a la sustitución de combustibles fósiles. La mitigación total para el período 2010-2030 considerando exclusivamente los rellenos

<sup>80</sup> <http://energia3.mec.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311>. Margen combinado 0.5 (Margen de Construcción)-0.5 (Margen de Operación) ex ante (Promedio 2008-2010).

sanitarios en operación actual<sup>81</sup> (Escenario I) alcanzaría 43.700.000 tCO<sub>2</sub> (*Figura 4.18*) de las cuales 39.900.000 tCO<sub>2</sub> corresponden a la captura de GRS y el resto a la mitigación por el uso del GRS como sustituto de combustibles fósiles para la producción de energía eléctrica.

Considerando el Escenario II la mitigación que se podría alcanzar por la captura de GRS en nuevos rellenos sanitarios alcanzaría para el periodo 2010-2030 un total 48.800.000 tCO<sub>2</sub> por captura de GRS y 53.400.000 tCO<sub>2</sub> si además se genera electricidad.

En términos de emisiones, las 3.870 Gg de CO<sub>2</sub> mitigables en los dos posibles escenarios identificados representan aproximadamente 2% de las emisiones del sector RSU para el año 2010 (según las emisiones proyectadas en el estudio de la Fundación Bariloche, 2008<sup>82</sup>).

En términos de producción de electricidad, los actuales sitios de disposición final (*Tabla 4.8, Escenario I*) tendrían una capacidad de generar como mínimo 460.000 MWh por año<sup>83</sup> o el equivalente térmico de 4.200 TJ anuales mientras que si se aprovechara el GRS que podría capturarse en un Escenario II se podrían disponer de 238.000 MWh por año o 2.190 TJ anuales.

En términos de emisiones, las 335 Gt CO<sub>2</sub> anuales que representa la mitigación por la sustitución de combustibles fósiles para la producción de electricidad representa 0.6% de las emisiones de Argentina del subsector Industria Energética, dentro del sector Energía correspondiente al año 2010 (según las emisiones proyectadas en el estudio de la Fundación Bariloche, 2008).

La *Tabla 4.11*. muestra el potencial de mitigación para los años 2010, 2020 y 2030 de la tecnología de aprovechamiento energético de GRS (sumando ambos escenarios y considerando la generación de electricidad) y se compara con las emisiones proyectadas en un escenario tendencial según la práctica usual del sector RSU desarrolladas en el estudio de Proyección de emisiones de la Fundación Bariloche (2008).

La capacidad de mitigación de la tecnología de aprovechamiento energético de GRS representa entre el 28% (2030) y 67% (2010) de las emisiones de un BAU calculado en base al modelo FOD mientras que resultan sensiblemente inferiores (entre 10 y 18%) si se comparan con el BAU calculado con el modelo LandGEM. Una de las principales diferencias en los resultados obtenidos por los modelos radica en la metodología utilizada para la determinación del BAU y también en la tasa de generación de RSU aplicada.

Con respecto al BAU, existen diferencias entre los modelos aplicados; mientras que la SCN se basó en las Guías IPCC 1996, el presente trabajo aplicó la metodología sugerida en las Guías IPCC 2006 (FOD Tier 2)<sup>84</sup> mientras que el estudio de la Fundación Bariloche utilizó el modelo LandGEM de EPA.

---

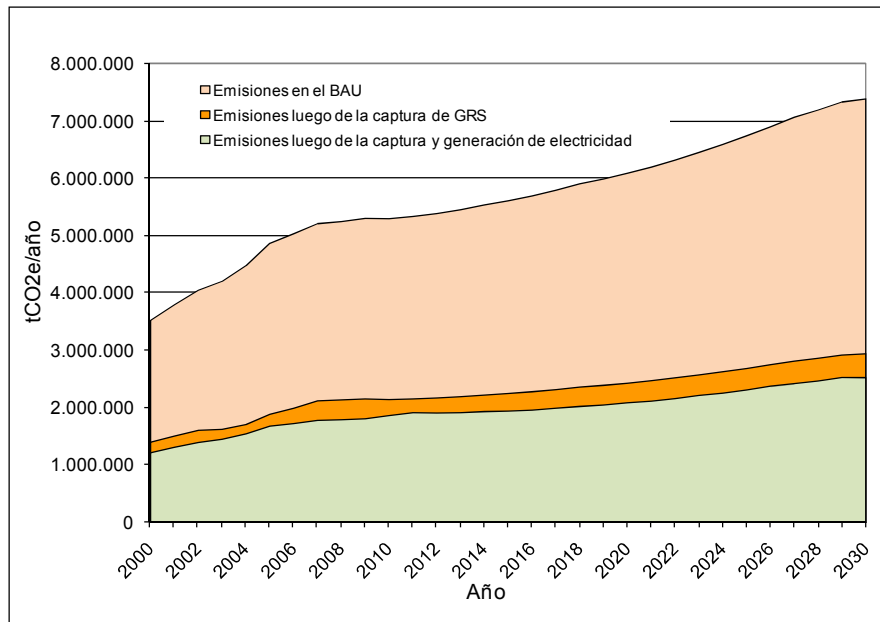
<sup>81</sup> Con fecha de cierre en 2010

<sup>82</sup> Argentina: Diagnóstico, Prospectivas y Lineamientos para definir Estrategias posibles ante el Cambio Climático. Producto 2: "Proyecciones anuales de emisiones de GEIs, destacando en el análisis los años 2010.2020 y 2030" Escenario Tendencial (BAU). Producto 3: "Proyecciones anuales de las emisiones de GEIs: Escenario de Mitigación. Fundación Bariloche. Proyecto realizado para la Comercialización de Energía del MERCOSUR S.A. (CEMSA). Buenos Aires, Argentina. Junio 2008.

<sup>83</sup> A modo de ejemplo, una ciudad como Olavarría (aproximadamente 100.000 hab) registró en el mes de Mayo de 2011 un consumo de 26.294.685 kWh ([www.coopelctric.com.ar](http://www.coopelctric.com.ar)) lo que representa un consumo anual de aproximadamente 315.000 MWh

<sup>84</sup> Prospectiva de las Emisiones de GEIs en el Sector Residuos en Argentina. (Santalla E., Córdoba V., Blanco G.). Libro de Trabajos Completos: Ciencia y Tecnología Ambiental: un enfoque integrador. 1º ed. Edits. Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias AAPC y María Dos Santos Afonso y Rosa M. Torres Sánchez. *I Congreso Internacional*

**Figura 4.18. Mitigación de emisiones de metano en rellenos sanitarios por captura y uso de GRS para la generación de electricidad según el Escenario I**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.11. Comparación del escenario de mitigación respecto a diferentes modelos de estimación del BAU en tCO<sub>2</sub>eq (en Gg CH<sub>4</sub>)**

	2000	2010	2020	2030
Emisiones según SCN <sup>85</sup>	7.497.000 (357)			
Reducción de emisiones por aplicación de la tecnología de aprovechamiento energético de GRS		3.396.379 (162)	3.591.630 (171)	4.638.115 (221)
BAU (FOD Tier 2, IPCC) <sup>a</sup>		5.093.628 (243)	9.700.073 (462)	16.447.897 (783)
BAU (LandGEM) <sup>b</sup>		18.208.850 (867)	31.209.840 (1.486)	46.492.550 (2.213)

<sup>a</sup> presente estudio; <sup>b</sup> Estudio de la Fundación Bariloche (2008)

Con respecto a la tasa de generación de RSU, en el presente estudio se aplicó el valor reportado en ENGIRSU (2005) afectada por los datos poblacionales de los censos 2001 y 2010, proyectando un crecimiento poblacional del 1,1% anual y un incremento lineal con un PBI de 6% anual. El valor obtenido para la generación de RSU al año 2010 (12.700.000 ton RSU) coincide con lo reportado por la González (2010) 13.153.282 ton RSU y difiere

de Ciencia y Tecnología Ambiental Argentina Ambiental y I Congreso Nacional de la Sociedad Argentina de Ciencia y Tecnología Ambiental. ISBN 978-987-28123-2-4. 573-578. 2012.

<sup>85</sup> Estimadas en base al método de descomposición de primer orden para los vertederos controlados y por defecto para los vertederos no controlados, ambos en base a las Guías IPCC 1996.

significativamente del valor proyectado en el informe de la Fundación Bariloche de 50.000.000 ton RSU para el mismo año.

Resumiendo, según la Segunda Comunicación Nacional, las emisiones de metano del subsector RSU en el año 2000 alcanzaron 357 Gg CH<sub>4</sub> (Tabla 68).

La mitigación promedio estimada en este estudio para el período 2010-2020 por implementación de la tecnología de captura y aprovechamiento energético de GRS alcanzaría, considerando ambos escenarios, 167 Gg CH<sub>4</sub> por la captura de GRS y 184 Gg CH<sub>4</sub> si además se hace aprovechamiento energético del mismo, por lo que representa el 51% de las emisiones del año del último inventario (2000) y el 76, 40 y 23% de las emisiones estimadas para los años 2010, 2020 y 2030 respectivamente, según el estudio de Proyección de emisiones de la Fundación Bariloche (2008).

#### 4.2. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de la combustión de RSU

La producción de electricidad y/o energía térmica a partir de la combustión de RSU se evaluó considerando la tecnología de producción de vapor en caldera seguida de turbina de vapor con generador. Para que el cálculo sea comparativo con la tecnología de captura de GRS, se evaluaron dos escenarios donde:

- Escenario I: se considera que todos los RSU actualmente dispuestos en rellenos sanitarios son tratados por incineración asumiendo un crecimiento poblacional anual de 1.1 %<sup>86</sup> para el período 2010-2020 y considerando una tasa de generación de RSU promedio para dicho período de 1.18 kg/hab/día obtenida al considerar un incremento del PBI del 6%.
- Escenario II: se considera que todas las ciudades con más de 100.000 hab tratarán sus RSU por incineración. Se consideraron los rangos poblacionales y generación de RSU mostrados en la Tabla 66.
- Se determinó el poder calorífico de los RSU a partir de su composición (Tabla 63) y el poder calorífico de cada una de sus fracciones (Tabla 69) resultando 2.618 kcal/kg.

**Tabla 4.12. Poder calorífico de los RSU**

Residuos	Fracción %	Poder Calorífico Kcal/kg <sup>87</sup>	Aporte Kcal/kg
Papel/ cartón	17,3	3.944	681
Textiles	2,3	4.167	94
Residuos de comida	47,4	1.111	527
Madera	2,0	4.444	98
Residuos de jardín	0,0	1.556	
Pañales	4,5		
Vidrio	4,2	33	1

<sup>86</sup> Según últimos censos 2001 y 2010.

<sup>87</sup> EPA Decision Maker's guide to solid waste Management. Vol II. Tabla 8-2, págs 8-10. 1995.



Metales	2,4	166	4
Plásticos	13,5	7.778	524
Otros	7,0	2.500	176
<b>Total</b>			<b>2.618</b>

Fuente: Tchobanoglous (1994)

Para la generación de energía térmica y de electricidad se asumió:

- 1) Las toneladas anuales a tratar en cada escenario
- 2) Un factor de disponibilidad de la instalación de 90%
- 3) Una eficiencia de la operación de la caldera de 85%
- 4) Un eficiencia energética de la producción de energía térmica del 42.5%<sup>88</sup>
- 5) Un rendimiento del proceso de producción de electricidad de 20%. Se considera en este punto que la eficiencia energética considerada como rendimiento representa la relación entre la energía eléctrica producida y la energía del combustible. Estudios de caso tomados como referencia indican valores de 18.66%<sup>89</sup> y 15.3%<sup>90</sup>
- 6) el factor de emisión del gas natural (56.14 tCO<sub>2</sub>/TJ, dato local<sup>91</sup>)
- 7) el factor de emisión de la red eléctrica de 0.482 tCO<sub>2</sub>/MWh, dato local<sup>92</sup>, correspondiente al año 2010

No se consideran en este cálculo las emisiones que provoca la incineración de otros componentes existentes en los RSU como las emisiones de los plásticos que no se consideran neutras como las emisiones de la biomasa de los RSU.

La *Tabla 4.13* muestra el potencial de mitigación de esta tecnología considerando el reemplazo de gas natural para la producción de vapor (el factor de emisión utilizado es 56.14 tCO<sub>2</sub>/TJ) y la sustitución de combustible fósil para la producción de electricidad, aplicando el factor de emisión de la red eléctrica correspondiente al año 2010, de 0.482 tCO<sub>2</sub>/MWh. Se consideró el promedio del período 2010-2020.

Comparando estos resultados con los mostrados en la *Tabla 4.10*, se observa que el potencial de mitigación que se alcanzaría por implementación de la tecnología de combustión resulta inferior respecto del aprovechamiento energético de GRS (32% respecto a la generación de energía térmica y 14% en la producción de electricidad).

<sup>88</sup>Murphy y McKeogh (2004)

<sup>89</sup>Rubio Martín (2003)

<sup>90</sup>Murphy y McKeogh (2004)

<sup>91</sup>Dato local publicado en la Segunda Comunicación del Gobierno de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Inventario de Gases de Efecto Invernadero, Tomo IV, Apéndice 1, pág. 686 (2005) [http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/file/parte4\\_inventario\\_gases.pdf](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/file/parte4_inventario_gases.pdf)

<sup>92</sup><http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311>. Margen combinado 0.5 (Margen de Construcción)-0.5 (Margen de Operación) ex ante (Promedio 2008-2010).

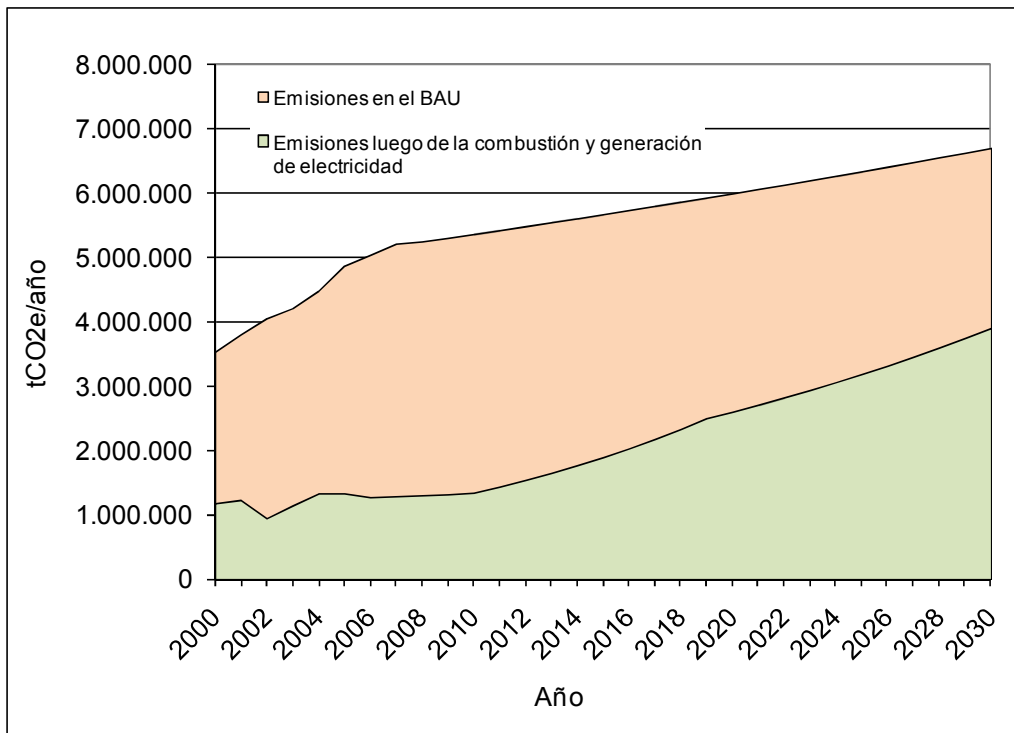
**Tabla 4.13. Potencial de mitigación (tCO<sub>2</sub>/año) por la combustión de RSU para generación de energía térmica o eléctrica (promedio 2010-2030)**

RSU	Mitigación por sustitución de gas natural para la producción de energía térmica (vapor)	Mitigación por sustitución de combustibles fósiles para la producción de electricidad
Escenario I	1.541.726	1.921.220
Escenario II	1.100.569	1.371.473
<b>Total</b>	<b>2.642.295</b>	<b>3.292.693</b>

Fuente: Elaboración Propia

La *Figura 4.19* muestra la proyección del escenario de mitigación de GEIs por aplicación de la combustión de RSU y la generación de electricidad para el período 2010-2030, considerando como BAU la disposición final de RSU en rellenos sanitarios sin captura. En este caso la mitigación total para el período 2010-2030 alcanzaría considerando el Escenario I aproximadamente 54.000.000 tCO<sub>2</sub> aunque este valor no es comparable a los 43.700.000 tCO<sub>2</sub> (*Figura 4.18.*) ya que en este caso se consideró el cierre de los rellenos sanitarios a partir de 2010 lo que provoca la declinación de la curva de emisiones en el BAU.

**Figura 4.19. Mitigación de emisiones de metano por la combustión de RSU y la generación de electricidad según el Escenario I**



Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de la biodigestión anaeróbica de los efluentes industriales

El cálculo del potencial de mitigación de la tecnología de biodigestión anaeróbica se basó en la estimación de las emisiones de metano producidas a partir del tratamiento anaeróbico de los efluentes industriales respecto al escenario BAU considerado como la ausencia de tratamiento y la eliminación de los efluentes a río, lago o mar. Se evaluaron los siguientes sectores productivos en base a las sugerencias de las Guías IPCC (2006) y a la información disponible:

- frigoríficos
- industria láctea
- industria citrícola
- industria azucarera
- producción porcina
- tambos

No se evaluó el potencial de los efluentes provenientes de la industrialización de la pulpa y papel y de la industria aceitera por no disponer de información sobre la cantidad ni las características de los efluentes de ese sector.

La metodología utilizada para el cálculo de las emisiones de metano para la categoría de efluentes industriales se basó en la aplicación del Tier 2 de las Guías del IPCC (2006) según la siguiente ecuación:

$$EmisionesCH_4 = \sum_i [(TOW_i - S_i)EF_i - R_i] \quad (8)$$

donde:

$TOW_i$  es el total de material orgánicamente degradable en el efluente de la industria  $i$ , kg COD/año

$i$  es el sector industrial

$S_i$  el componente orgánico removido en forma de lodo, kg COD/año

$EF_i$  es el factor de emisión para la industria  $i$  según el sistema de tratamiento del efluente, kg  $CH_4$ /kg COD

$R_i$  es la cantidad de metano recuperado en el año, kg  $CH_4$ /año

El factor de emisión  $EF_i$  se calculó como:

$$EF_i = B_o \cdot MCF_j \quad (9)$$

donde:

$B_o$  es la máxima capacidad de producción de metano, kg  $CH_4$ /kg COD y se utilizó el factor por defecto sugerido en el IPCC (2006) de 0.25.

$MCF$  es el factor de corrección de metano, fracción, que según la Tabla 6.8 del Capítulo 6 Aguas Residuales (IPCC, 2006) se aplicó el valor 0.8 correspondiente a laguna anaeróbica profunda o digestor anaeróbico.

El total de material orgánicamente degradable en el efluente de cada sector productivo  $TOW_i$  se calculó según la siguiente ecuación:

$$TOW_i = P_i * W_i * COD_i \quad (10)$$

donde los datos de la actividad  $P_i$  (ton/año), la generación de efluentes  $W_i$  (m<sup>3</sup>/ton prod) y la demanda química de oxígeno (kg COD/m<sup>3</sup>) corresponden a datos específicos de cada uno de los sectores evaluados, obtenidos de estadísticas nacionales o publicaciones de cada sector y publicados en trabajos previos (Córdoba y colab., 2011, Capittini y Santalla, 2011, Galotti y Santalla, 2009). No se consideró la generación de lodos ( $S_i=0$ ) ni la existencia de un sistema de recuperación de metano, previo a la estimación de las emisiones ( $R_i=0$ ).

A partir de las emisiones de metano producidas por los efluentes manejados en condiciones anaeróbicas se calculó el potencial de generación de electricidad y de energía térmica, considerando los siguientes criterios:

- una disponibilidad de la biomasa para la conversión anaeróbica del 80%
- una eficiencia de captura del 100 %
- una disponibilidad del sistema de 90%
- el poder calorífico del metano  $PC_{CH_4}$  (50.050 kJ/kg)
- un factor de generación de energía térmica en motores de combustión interna de 10.800 kJ/kWh (considerando una eficiencia de conversión de energía térmica a energía mecánica del 30%)
- el factor de emisión del gas natural (56.14 tCO<sub>2</sub>/TJ, dato local<sup>93</sup>)
- el factor de emisión de la red eléctrica de 0.482 tCO<sub>2</sub>/MWh, dato local<sup>94</sup>, correspondiente al año 2010, y
- el poder de calentamiento global PCG de 21 para convertir las emisiones de metano en ton equivalentes de CO<sub>2</sub>

Para el cálculo de las emisiones por manejo del estiércol en el sector agropecuario se evaluó el potencial de mitigación de los sectores de cría intensiva de porcinos y lácteo por ser los sectores que manejan los efluentes en estado líquido. Se aplicó el Tier 2 de la metodología IPCC (2006)<sup>95</sup>, a partir de la siguiente ecuación:

$$CH_{4,Manure} = \sum_T \frac{(EF_T * N_T)}{10^6} \quad (11)$$

donde:

$EF_T$  es el factor definido para cada población, kg CH<sub>4</sub>/cab/año calculado como:

$$EF_T = (VS_T * 365) * \left[ B_{0(T)} * 0.67 \text{ kg} / \text{m}^3 * \sum_{S,k} \frac{MCF_{s,k}}{100} * MS_{(T,s,k)} \right] \quad (12)$$

<sup>93</sup> Dato local publicado en la Segunda Comunicación del Gobierno de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Inventario de Gases de Efecto Invernadero, Tomo IV, Apéndice 1, pág. 686 (2005) [http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/file/parte4\\_inventario\\_gases.pdf](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/file/parte4_inventario_gases.pdf)

<sup>94</sup> <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311>. Margen combinado 0.5 (Margen de Construcción)-0.5 (Margen de Operación) ex ante (Promedio 2008-2010).

<sup>95</sup> Vol. 4, Cap. 10. *Emissions from livestock and Manure Management*.

**NT:** es el número de cabezas por especie/categoría T en el país. Se utilizaron las estadísticas locales publicadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación<sup>96</sup>

**T:** son las especies/categorías de ganado

**VS<sub>(T)</sub>:** es la excreta diaria de sólidos volátiles por categoría de animal T, kg materia seca por animal, por año

365 es la base para el cálculo de producción anual de SV, días por año

**Bo<sub>(T)</sub>:** es la capacidad máxima de producción de metano por categoría de animal T, m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> /kg de sólido volátil excretado.

0.67 es el factor de conversión de m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> a kg de CH<sub>4</sub>

**MCF<sub>(s,k)</sub>:** es el factor de conversión de metano para cada tipo de sistema de manejo del estiércol S por región climática k, %

**MS<sub>(T,S,k)</sub>:** es la fracción de estiércol de cada categoría de animal T's manejado utilizando el sistema de manejo S en cada región climática k, adimensional

La *Tabla 4.14* indica los valores utilizados para los factores de la ecuación 12.

**Tabla 4.14. Datos para estimar la generación de metano en sistemas confinados de cría intensiva**

Factor	Tambo	Porcino
SV [kg/cab/día]	2.9 <sup>a</sup>	0.3 <sup>c</sup>
Bo [m <sup>3</sup> /kg]	0.13 <sup>a</sup>	0.29 <sup>c</sup>
MCF [%]	75 <sup>b</sup>	74 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> de la *Tabla 10A-4 (IPCC, 2006)* correspondiente a Latinoamérica; <sup>b</sup> de la misma tabla, considerando manejo de efluentes en laguna a 15 °C de temperatura; <sup>c</sup> de la *Tabla 10A-7 (IPCC, 2006)* para temperatura de 15 °C considerando manejo de efluentes en laguna.

Para calcular el potencial de mitigación de la tecnología de biodigestión anaeróbica se consideraron las emisiones de metano obtenidas a partir de las ecuaciones 8 y 11 para efluentes industriales y manejo del estiércol respectivamente, y se utilizaron las consideraciones arriba descritas. La *Tabla 4.15* muestra el promedio anual de la producción de metano y su equivalente para la producción de energía térmica o electricidad para cada sector productivo considerando el promedio 2000-2010.

A modo de ejemplo, la captura de metano por el tratamiento de efluentes de frigoríficos de bovinos en la provincia de Buenos Aires considerando su utilización como combustible para la producción de vapor y agua caliente, podría abastecer 53 frigoríficos de tamaño mediano que consumen un promedio de 3000 kg/h de vapor<sup>97</sup>.

<sup>96</sup> Para la población porcina se utilizó la información publicada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación según datos históricos de la faena porcina para el período 2006-2010 publicada en: <http://www.oncca.gov.ar/documentos/Datos%20Historicos%20Faena%20%20Porcina.xls>. Para los datos de población de tambos se utilizó la información publicada en el Censo Nacional Agropecuario 2002.

<sup>97</sup> Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo. Cap. 15: Servicios y Equipos energéticos y mecánicos. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal 97. Frederick Veall. M-25 ISBN 92-5-303148-4. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, © FAO 1993. Para la estimación se consideró la utilización de vapor durante 8 hs diarias a lo largo de 300 días anuales de operación.

De la misma manera, un estudio desarrollado por Capittini y Santalla (2011) para el sector de la industria láctea en base a los consumos específicos de energía por unidad de producción, indicó que el metano capturado por el tratamiento de los efluentes de la industria quesera podría abastecer el 65% de la demanda energética del proceso y superaría los requerimientos energéticos de la producción primaria de leche.

La *Tabla 4.16.* indica el potencial de mitigación por captura y uso del metano del sector ARI<sup>98</sup>.

**Tabla 4.15. Potencial de producción de metano y su equivalente en energía térmica y eléctrica a partir del aprovechamiento de los efluentes industriales (promedio a partir de las producciones 2000-2010)**

Sector	Metano capturado Gg CH <sub>4</sub> /año	Energía térmica disponible TJ/año	Electricidad disponible MWh/año
<b>Manejo de estiércol</b>			
Cría porcinos	38	1.466	159.740
Tambos	190	7.255	790.387
<b>Industria cítrica</b>			
Limón	0,294	11,26	1.226
Mandarina	0,028	1,09	119
Naranja	0,056	2,13	232
Pomelo	0,038	1,45	158
<b>Frigoríficos</b>			
porcinos	3,94	150	16.436*
bovinos	48,4	1.850	201.793*
<b>Industria láctea</b>			
	41	2.060	171.655
<b>Industria azucarera</b>			
	2,355	90	9.823
<b>Total</b>	<b>324</b>	<b>12.781</b>	<b>1.133.340</b>

\*promedio 2006-2010

**Tabla 4.16. Potencial de mitigación de la tecnología de biodigestión anaeróbica (promedios anuales tCO<sub>2</sub>/año).**

Sector	Mitigación por captura de metano	Mitigación por producción de energía térmica	Mitigación por producción de electricidad
<b>Manejo del estiércol</b>			
	<b>4.784.280</b>	<b>495.803</b>	<b>463.705</b>
Cría porcinos	804.280	88.465	82.738
Tambos	3.980.000	407.338	380.967
<b>Industria cítrica</b>			
	<b>8.748</b>	<b>895</b>	<b>836</b>
Limón	6.174	632	591
Mandarina	598	61	57

<sup>98</sup> según la terminología utilizada en la Segunda Comunicación Nacional correspondiente a *Agua Residuales industriales*)

Naranja	1.170	120	112
Pomelo	797	82	76
<b>Frigoríficos</b>			
porcinos	<b>1.098.781</b>	<b>112.468</b>	<b>105.187</b>
bovinos	82.757	7.922	8.471
	1.016.024	97.265	103.997
<b>Industria láctea</b>			
	864.275	85.139	88.465
<b>Industria azucarera</b>			
	49.460	5.062	4.735
<b>Total</b>	<b>6.805.536</b>	<b>692.086</b>	<b>670.209</b>

Los resultados indican que se alcanzaría una mitigación cercana a los siete millones de toneladas de dióxido de carbono anuales por la captura de metano a través de la aplicación de la tecnología de biodigestión anaeróbica en el sector industrial, además de casi 700.000 tCO<sub>2</sub>eq por año por la sustitución de combustibles fósiles para la generación de energía. Esto representa el 30% de las emisiones provenientes de Aguas Residuales (Domiciliarias + Industriales) del año 2010 y el 1.3% de las emisiones de la Industria Energética (dentro del sector Energía) del año 2010.

Considerando el sector ARI (exceptuando el sector cría de porcinos y tambos), las emisiones anuales calculadas a partir de los datos de producción para el período 2000- 2010 y considerando el promedio anual resultan cercanas a los dos millones de toneladas de dióxido de carbono. En la Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a la CMNUCC<sup>99</sup> se reportan emisiones netas de metano para el año 2000, provenientes del sector ARI, de 100.61 Gg de metano, equivalente a 2.112.764,48 tCO<sub>2</sub> mientras que en el estudio desarrollo por la Fundación Bariloche<sup>100</sup> se indica para el año 2010 una contribución de las emisiones del sector ARI de 2.547.790 tCO<sub>2</sub>. Por lo tanto, puede observarse que la aplicación de la tecnología de digestión anaeróbica de los efluentes industriales para los sectores evaluados puede contribuir a mitigar significativamente las emisiones proyectadas para estas actividades además de proveer un recurso energético utilizable para autoconsumo o para comercializar.

#### 4.4. Producción de biometano

La producción de biometano para su uso como combustible para vehículos se puede lograr a partir de GRS o de biogás obtenido por digestión anaeróbica. Para cualquiera de las dos fuentes es necesario aplicar los procesos de purificación para la eliminación de dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, siloxanos y otros compuestos minoritarios. Los costos de capital de una planta de producción de biometano incluye los costos propios de la tecnología del proceso de producción de biometano, ya sea absorción con aminas o con agua, o adsorción con membranas o PSA más el costo de la planta de captura de biogás.

<sup>99</sup> Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático de Gases de efecto invernadero.2005. <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>

<sup>100</sup> Argentina: Prospectivas y Lineamientos para definir Estrategias posibles ante el Cambio Climático. Producto 2: "Proyecciones anuales de emisiones GEIs, destacando en el análisis los años 2010.2020 y 2030" Escenario Tendencial (BAU). Fundación Bariloche. Proyecto realizado para la Comercialización de Energía del MERCOSUR S.A. (CEMSA). Buenos Aires, Argentina. Junio 2008.

Un estudio desarrollado en Irlanda, indica que 100 L de metano enriquecido proveniente de biogás utilizado en un vehículo<sup>101</sup> alcanza un recorrido de 1 km. Suponiendo un contenido de metano 98%, los 100 L de metano contienen una energía de 3.7 MJ, lo que implica una eficiencia de 0.27 km/MJ (1 km/3.7 MJ). La eficiencia del mismo vehículo Volvo V70 Bi-fuel utilizando nafta (32.23 MJ/L)<sup>102</sup> presenta una eficiencia de 9.8 km/L lo que equivale a 0.3 km/MJ.

Un estudio publicado sobre la producción de energía a partir de RSU en Irlanda (Murphy y McKeogh, 2004) indicó un costo de capital de una planta de enriquecimiento de biogás de € 7860/m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> enriquecido/h y un costo operativo del absorbedor de € 0.03/m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> enriquecido.

En Argentina no hay antecedentes de plantas de enriquecimiento de biogás. En el V Congreso Internacional de GNC y otros combustibles gaseosos desarrollado en Noviembre de 2011 en Buenos Aires, se mencionó al biometano como un recurso complementario para la continuidad del GNC, mencionando la oportunidad que ofrece el sector automotriz del GNC para el aprovechamiento energético de los desechos urbanos.

Los mayores referentes del sector coincidieron en que Argentina debe aportar desde su industria del gas vehicular opciones de energías alternativas que respondan al incremento internacional de los precios del petróleo. Durante el encuentro se expusieron temas estratégicos como los proyectos en marcha del transporte pesado propulsado por GNC y mezclas de gases, el impulso de nuevas tecnologías de conversión-quinta generación, ampliar la oferta de combustibles gaseosos como el biogás, el biometano y el hidrógeno, privilegiar el cuidado del medio ambiente en cada acción del sector<sup>103</sup>.

Una primera aproximación indica que los actuales sitios de disposición final de RSU localizados en el área metropolitana tienen una capacidad de producción de 100 millones de metros cúbicos de biometano por año lo que equivale al consumo de gas natural de aproximadamente 90.000 viviendas.

La tecnología de biodigestión anaeróbica de todos los sectores analizados, según la *Tabla 4.15* estarían generando 324 Gg de metano anual, lo que equivale a aproximadamente 500 millones de metros cúbicos de biometano al año, con capacidad de abastecer a casi 400.000 viviendas.

---

<sup>101</sup> Caddet technical brochure No. 18. Electricity and heat from source-separated organic waste. www.cadet-re.org en Murphy y McKeogh (2004).

<sup>102</sup> Volvo. Volvo bi-fuel brochure, MS/PV 527-1631-03. VB/PV 42-03, Swedish, Volvo Car Corporation, 2002 en Murphy y McKeogh (2004).

<sup>103</sup> <http://www.esigas.com.ar/es/v-expo-gnc-buenos-aires-2011/>



## 5. ANALISIS DE MERCADO POTENCIAL PARA LA INSERCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

---



### 5.1. Mapeo de mercado

En este punto de la sección se describen los principales actores involucrados y las partes interesadas en el proceso de implementación de las tecnologías de aprovechamiento energético de residuos y efluentes. La identificación de los actores que intervienen en la cadena de mercado es indispensable al momento de establecer el flujo de dinero entre ellos, el acceso al financiamiento, la identificación de quiénes actúan controlando el mercado o la capacidad de desarrollo de proveedores locales, entre otros.

Por otro lado, la visualización del entorno habilitante permite entender los elementos que afectan la cadena de mercado permitiendo identificar los intereses que impulsan cambios. El primer paso consiste en mapear los elementos del entorno habilitante existente para luego analizar si nuevos elementos deberían ser agregados o en qué medida los existentes pueden ser mejorados. Por último, la identificación del servicio de soporte se refiere a individualizar los agentes que facilitan la cadena de mercado, ya sea dependientes del estado nacional o de organismos o agencias no gubernamentales.

Este análisis se desarrollará para las siguientes tecnologías:

- 5.1.1. Aprovechamiento energético de GRS (electricidad) con exportación a la red
- 5.1.2. Combustión de RSU y producción de electricidad para exportar a la red
- 5.1.3. Biodigestión anaeróbica con producción de electricidad para autoconsumo y exportación a la red

Es importante destacar en este análisis que la inserción de cualquier tecnología en el sector RSU y efluentes domiciliarios corresponde a la categoría de *bienes públicos* con características de mercado específicas, tales como grandes inversiones con fondos públicos o donaciones, propiedad pública o concesiones a grandes compañías, cadena de mercado simple, tecnología procurada a través de licitaciones nacionales, inversiones de tecnología de gran escala con decisión a nivel gubernamental y fuertemente dependiente de infraestructuras y políticas existentes.

La transferencia y difusión de las tecnologías vinculadas al aprovechamiento energético de residuos y efluentes, al no ser bienes de consumo dependen de decisiones políticas, por lo tanto, los gobiernos tienen influencia directa sobre su implementación pero no sobre los consumidores. Para el caso de los efluentes industriales, la producción de electricidad resulta un bien de mercado por lo que se deberá el mapeo de mercado deberá incluir aspectos vinculados a la demanda, al suministro y a las transacciones comerciales

#### 5.1.1. Tecnología para la captura de GRS con producción de energético de GRS

Los **actores de la cadena de mercado** identificados para la implementación de la tecnología de aprovechamiento energético de GRS son:

- a. los Municipios como responsables de los RSU que se generan en sus jurisdicciones
- b. la comunidad con sus características particulares como generadora de RSU

- c. las empresas encargadas del servicio de recolección y disposición final de RSU, generalmente adjudicatarias del servicio a través de contratos, licitaciones o adjudicaciones
- d. las empresas proveedoras de equipos, maquinarias y vehículos para el transporte y tratamiento de los RSU
- e. los organismos de control (municipal, provincial, nacional) a través del manejo de tasas e impuestos
- f. los compradores de electricidad

En el **entorno habilitante** se identifican:

- a. el marco regulatorio
- b. los organismos que establecen las políticas para el manejo de RSU como la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, la Secretaría de Energía, el Ministerio de la Producción, entre otros
- c. los subsidios a la promoción de energías renovables o proyectos ambientales
- d. el mecanismo de soporte a la producción local de electricidad
- e. la política financiera de bancos, instituciones, organismos internacionales (BID; GEF, EPA)
- f. los estándares de comercialización de la electricidad
- g. Los estándares ambientales (control de la contaminación)

Como **servicios de soporte** se identifican:

- a. las universidades nacionales, públicas y organizaciones que proveen conocimiento
- b. las agencias de desarrollo local, provincial y nacional, con su dependencias de Medio Ambiente
- c. la información del mercado
- d. las cámaras de fabricantes
- e. las campañas de difusión a partir de las agencias gubernamentales y/o ONGs
- f. el sistema financiero que financia la adquisición de equipamiento y/o la comercialización de bienes o servicios

Hasta el momento no se ha desarrollado un mercado local para la captura y el aprovechamiento energético de GRS. Los proyectos que están operativos se han implementado con un objetivo primario de generar bonos dentro del mercado del Protocolo de Kyoto y han dejado para una segunda etapa la generación de energía. Esta opción no ha sido suficientemente explorada y explotada en Argentina, por las barreras, fundamentalmente debido al amplio acceso a las redes de electricidad y gas natural que tiene Argentina y a las tarifas subsidiadas por parte del Estado Nacional.

Las tecnologías implementadas en casi todos los proyectos desarrollados hasta el momento en Argentina y que no contemplan la generación de energía son foráneas. La recuperación de biogás en el relleno sanitario de Villa Domínico se desarrolló con tecnología holandesa a través de la empresa Van der Wiel Stortgas B.V., en el de Norte III se implementó tecnología italiana a través de la empresa Asja.biz S.A.; en el de Ensenada y González Catán se usó tecnología canadiense a través de la empresa Conestoga Rovers & Assoc. Ltd., en el de Puente Gallego (Rosario) se implementó tecnología provista a través de una UTE entre Asja Ambiente Italia SpA e IMPSA de Argentina.

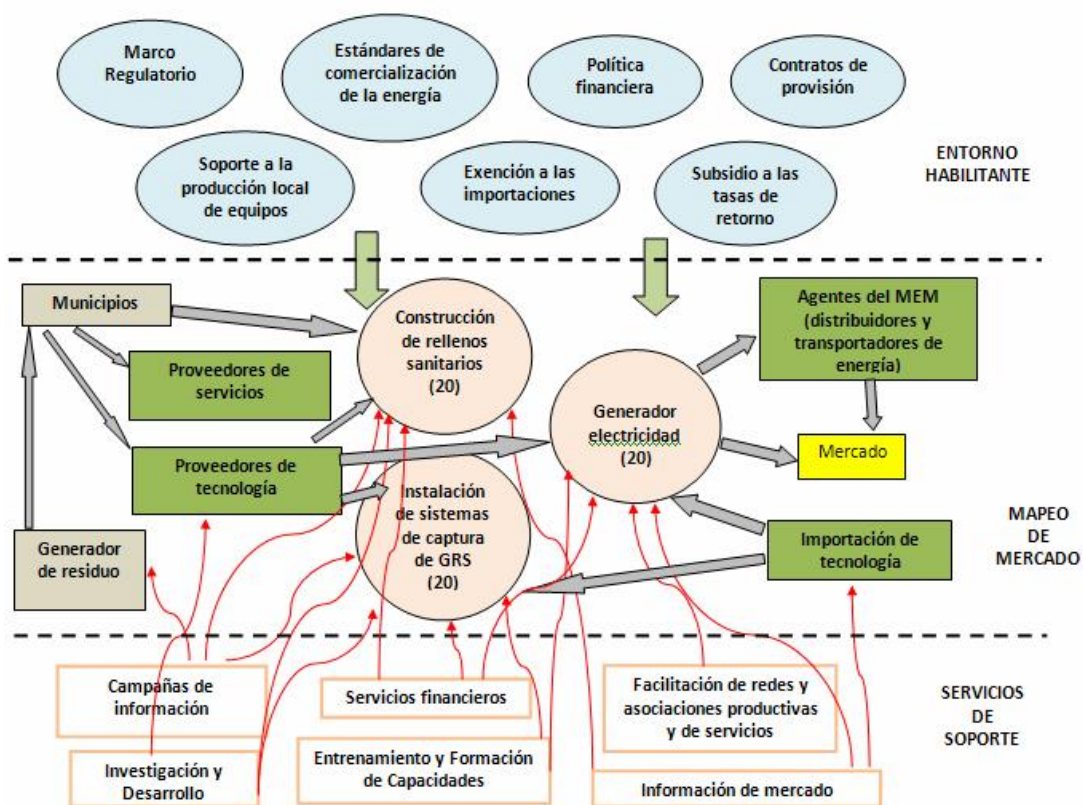
En cuanto a la provisión de tecnología para la generación de electricidad, hay un par de proyectos incipientes que utilizan la energía del GRS capturado con fines de autoconsumo, utilizando motogeneradores de fabricación austríaca o española. Si bien el mercado de biogás no está ampliamente desarrollado en Argentina, hay compañías que proveen motogeneradores para diferentes escalas de proyectos con opción a ser utilizados de manera aislada.

Tanto la tecnología para la recuperación de GRS como para la generación de electricidad es un nicho que aún no se ha desarrollado en Argentina. El escenario actual muestra que, de prevalecer la disposición de los RSU en condiciones controladas en vertederos, existen al menos veinte sitios identificados con posibilidades de capturar el biogás para usarlo como energía térmica o eléctrica y aproximadamente 60 ciudades con más de 100.000 habitantes.

La mayoría de estos sitios están vinculados a las capitales de provincia o ciudades cabeceras de partido, lo que indica un clúster de desarrollo de escala mediana. La tecnología para la captura y el uso del GRS está disponibles comercialmente, incluso existe capacidad para el desarrollo de proveedores locales. La falta de incentivos fiscales que faciliten y promuevan el autoconsumo de energía renovable a favor del desplazamiento de electricidad de la red ha demorado el desarrollo de un mercado de proveedores para la utilización de energía a partir de GRS.

La *Figura 4.20*. muestra el mapeo de mercado completo para la implementación del aprovechamiento energético del GRS.

**Figura 4.20. Mapeo de mercado para la producción de electricidad a partir de GRS**



### 5.1.2. Tecnologías para la combustión de RSU con producción de energía

Los **actores de la cadena de mercado** identificados para la implementación de la combustión de RSU con fines energéticos son:

- a. los Municipios como responsables de los RSU que se generan en sus jurisdicciones
- b. la comunidad con sus características particulares como generadora de RSU
- c. las empresas encargadas del servicio de recolección y transporte de RSU, generalmente adjudicatarias del servicio a través de contratos, licitaciones o adjudicaciones
- d. las empresas proveedoras de equipos, maquinarias y vehículos para el transporte y tratamiento de los RSU
- e. los organismos de control (municipal, provincial, nacional) a través del manejo de tasas e impuestos
- f. los compradores de electricidad

En el **entorno habilitante** se identifican:

- a. el marco regulatorio
- b. los organismos que establecen las políticas para el manejo de RSU como la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, la Secretaría de Energía, el Ministerio de la Producción, entre otros
- c. los subsidios a la promoción de energías renovables o proyectos ambientales
- d. el mecanismo de soporte a la producción local de electricidad
- e. la política financiera de bancos, instituciones, organismos internacionales (BID; GEF, EPA)
- f. los estándares de comercialización de la electricidad
- g. Los estándares ambientales (control de la contaminación)

Como **servicios de soporte** se identifican:

- a. las universidades nacionales, públicas y organizaciones que proveen conocimiento
- b. las agencias de desarrollo local, provincial y nacional, con su dependencias de Medio Ambiente
- c. la información del mercado
- d. las cámaras de fabricantes
- e. las campañas de difusión a partir de las agencias gubernamentales y/o ONGs
- f. el sistema financiero que financia la adquisición de equipamiento y/o la comercialización de bienes o servicios

La tecnología de combustión en masa (MBT) es económicamente menos atractiva cuando se compara con los sistemas convencionales WTE. Sin embargo, según Wheeler (2006), las circunstancias locales políticas, legislativas y/o estructurales pueden favorecer el proceso de combustión en masa a partir de tecnologías convencionales. La prohibición de vertido de residuos domésticos a rellenos sanitarios implementada en Europa constituye un incentivo para destinar los RSU a incineradoras de residuos.

El trabajo de Murphy y McKeogh (2004) ha demostrado que la gasificación en ciclos combinados con turbinas de gas tiene una eficiencia para la generación de electricidad levemente superior a la incineración (27.2% frente a 15.3% aunque el rendimiento térmico

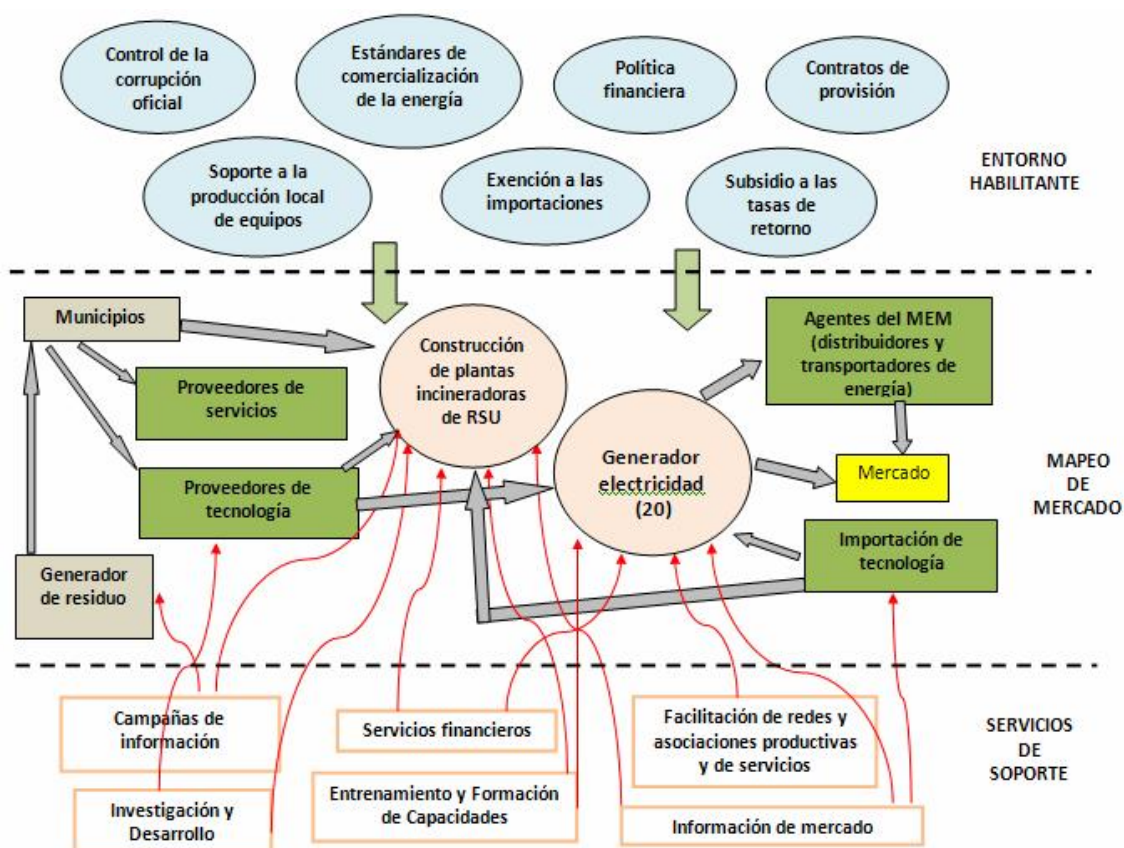
resulta inferior (24% frente a 42.5%) debido a la reducción de la temperatura del calor residual en el vapor.

La desventaja de la gasificación es que requiere de un procesamiento previo de los residuos y la remoción de metales. El alto contenido de materia orgánica de los RSU unido a la posibilidad de que los plásticos sean derivados al circuito de recuperación y reciclado ponen en riesgo la factibilidad técnica de estas tecnologías de tratamiento de RSU.

Existen en el mercado local proveedores de hornos incineradores para diferentes tipos de residuos, fundamentalmente patogénicos de diferentes capacidades aunque no hay referencia en la instalación e implementación de proyectos de incineración de RSU con fines energéticos. El programa GENREN promovido por la Secretaría de Energía para la provisión de electricidad al MEM a partir de energías renovables sería el marco legal dentro del cual se realizaría la comercialización de la energía a partir de RSU.

La *Figura 4.21*. muestra el mapeo de mercado completo para la implementación de la combustión de RSU para la producción de electricidad.

**Figura 4.21. Mapeo de mercado para la producción de electricidad por combustión de RSU**



### 5.1.3. Biodigestión anaeróbica y producción de energía (bioenergía)

Los **actores de la cadena de mercado** identificados para la implementación de la biodigestión anaeróbica con fines energéticos son:

- a. Las empresas generadoras de efluentes y las plantas depuradoras de aguas domiciliarias
- b. las empresas encargadas del servicio de tratamiento de efluentes, generalmente adjudicatarias del servicio a través de contratos, licitaciones o adjudicaciones
- c. las empresas proveedoras de equipos, maquinarias y vehículos para el transporte y tratamiento de los efluentes
- d. los organismos de control (municipal, provincial, nacional) a través del manejo de tasas e impuestos
- e. los compradores de electricidad

En el **entorno habilitante** se identifican:

- a. el marco regulatorio
- b. los organismos que establecen las políticas para el manejo de efluentes como la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, la Secretaría de Energía, la Autoridad del Agua, entre otros
- c. los subsidios a la promoción de energías renovables o proyectos ambientales
- d. el mecanismo de soporte a la producción local de electricidad
- e. la política financiera de bancos, instituciones, organismos internacionales (BID; GEF, EPA)
- f. los estándares de comercialización de la electricidad
- g. Los estándares ambientales (control de la contaminación, límites permitidos de descarga)

Como **servicios de soporte** se identifican:

- a. las universidades nacionales, públicas y organizaciones que proveen conocimiento
- b. las agencias de desarrollo local, provincial y nacional, con su dependencias de Medio Ambiente
- c. la información del mercado
- d. las cámaras de fabricantes
- e. las campañas de difusión a partir de las agencias gubernamentales y/o ONGs
- f. el sistema financiero que financia la adquisición de equipamiento y/o la comercialización de bienes o servicios

El desarrollo de la biodigestión anaeróbica a través de lagunas cubiertas es una tecnología que si bien no se ha desarrollado localmente, existen algunos proyectos que actúan como potencial de referencia y han favorecido la aparición de las primeras iniciativas de recuperación de biogás con recursos locales. El acceso a este tipo de tecnología está aún vedada para empresas pequeñas y medianas donde no cuentan con la capacidad de recursos humanos y económicos para desarrollarla.

La tecnología de biodigestión anaeróbica en reactores tipo flujo pistón, mezcla completa o tipo UASB es un nicho a desarrollar en Argentina. Algunos digestores de laguna cubierta funcionan como de mezcla completa ya que se han instalado con sistemas de mezclados y termostatación para favorecer la producción de biogás. No hay antecedentes en Argentina

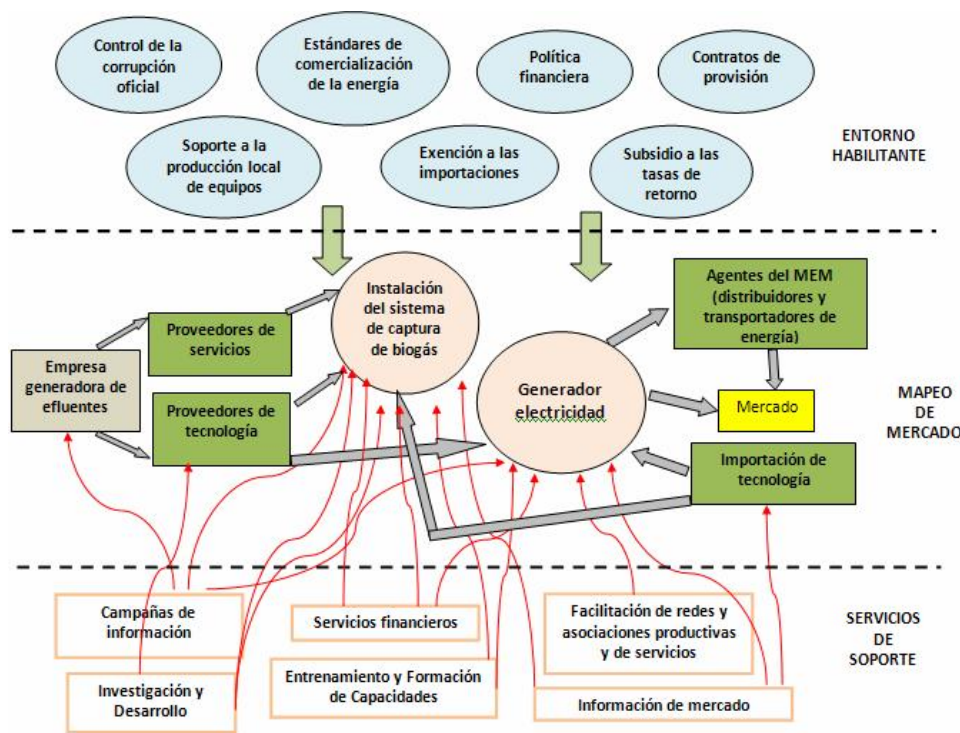
de instalación de biodigestores de hormigón armado. Esta tecnología requiere de un análisis del mercado para justificar su viabilidad técnico-económica.

Un estudio desarrollado sobre el aprovechamiento energético de los efluentes industriales en Argentina<sup>104</sup> indicó que existe un alto potencial para el desarrollo de la tecnología de digestión anaeróbica para la producción de electricidad y energía térmica en los sectores vinculados a la faena de animales (frigoríficos), a las industrias azucarera, citrícola, láctea, de conservas y bebidas, de pulpa y papel y aceitera, por ser actividades productivas que generan efluentes con alta carga de materia orgánica. Estos sectores entre otros han sido referidos por IPCC<sup>105</sup> como los más relevantes para la evaluación de las emisiones de metano en el sector Aguas Industriales.

El mercado para el desarrollo de la tecnología de biodigestión anaeróbica aplicada al aprovechamiento energético de los efluentes industriales y agropecuarios tiene la ventaja que puede ver promovido por cuestiones de competitividad de las empresas, políticas de producción limpia, implementación de planes de eficiencia energética, entre otros.

La *Figura 4.22*. muestra el mapeo de mercado para la implementación de la biodigestión anaeróbica para el aprovechamiento de los efluentes industriales con fines de producir electricidad.

**Figura 4.22. Mapeo de mercado para la producción de electricidad por biodigestión anaeróbica**



<sup>104</sup> Galotti, y Santalla (2009).

<sup>105</sup> IPCC 2006, 2006 IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Egglest H.S., Buendía L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

## 6. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

A continuación se definen los criterios utilizados para cada una de las cuatro dimensiones consideradas para el proceso de evaluación de tecnologías de aprovechamiento energético de residuos y efluentes evaluados en la sección.

### 6.1. Metodología

Para la valoración y normalización de cada dimensión se aplicó la siguiente escala:

100	Muy bueno
75	Bueno
50	Regular
25	Malo
0	Muy malo

y se aplicó la siguiente fórmula:

$$Valor\ dimensión = \frac{\sum \text{valor criterio}}{\text{cantidad de criterios}}$$

#### Dimensión Económica:

**Criterio 1:** Desarrollo local de tecnología.

La tecnología promueve actividades productivas directas o indirectas a partir de su desarrollo a nivel local?

100	La tecnología promueve el desarrollo de varias actividades productivas locales
75	La tecnología promueve el desarrollo de actividades productivas locales
50	La tecnología promueve el desarrollo de algunas actividades productivas locales aunque perjudica otras
25	La tecnología no promueve el desarrollo de actividades productivas locales
0	La tecnología perjudica el desarrollo de actividades productivas locales

**Criterio 2:** Desarrollo de las economías regionales:

La tecnología promueve actividades productivas directas o indirectas a partir de su implementación?

100	La tecnología promueve la implementación de varias actividades productivas locales
75	La tecnología promueve la implementación actividades productivas locales
50	La tecnología promueve la implementación de algunas actividades productivas locales



	aunque perjudica otras
25	La tecnología no promueve la implementación actividades productivas locales
0	La tecnología perjudica la implementación actividades productivas locales

**Criterio 3:** Uso de la tierra.

La tecnología compromete el uso de la tierra que pudiera ser destinado a otras actividades productivas de menor impacto?

100	La tecnología no compromete uso de la tierra
75	La tecnología compromete el uso de la tierra pero en forma poco significativa
50	La tecnología compromete el uso de la tierra
25	La tecnología compromete el uso de la tierra y compite con actividades productivas de menor impacto
0	La tecnología compromete el uso de la tierra y genera alto impacto en su entorno

**Criterio 4:** Costos.

La tecnología compite con costos específicos (\$/kWh, \$/kJ) respecto de tecnologías convencionales?

100	La tecnología presenta mejores costos específicos que las tecnologías convencionales
75	La tecnología compite con costos específicos de tecnologías convencionales
50	La tecnología tiene costos específicos levemente superiores a los de tecnologías convencionales
25	La tecnología presenta costos específicos superiores a los de tecnologías convencionales
0	La tecnología presenta costos específicos muy superiores respecto a las tecnologías convencionales

**Dimensión Social:**

**Criterio 5:** Cantidad del empleo

La tecnología genera demanda de mano de obra de bajo nivel de especialización?

100	La tecnología genera muy alta demanda de mano de obra de bajo nivel de especialización
75	La tecnología genera alta demanda de mano de obra de bajo nivel de especialización
50	La tecnología genera demanda de mano de obra de bajo nivel de especialización
25	La tecnología genera poca demanda de mano de obra de bajo nivel de especialización
0	La tecnología no genera demanda de mano de obra de bajo nivel de especialización

### **Criterio 6:** Empleo calidad

La tecnología genera demanda de mano de obra calificada?

100	La tecnología genera muy alta demanda de mano de obra calificada
75	La tecnología genera alta demanda de mano de obra calificada
50	La tecnología genera demanda de mano de obra calificada
25	La tecnología genera poca demanda de mano de obra calificada
0	La tecnología no genera demanda de mano de obra calificada

### **Criterio 7:** Salud

La tecnología contribuye a mejorar la salud de la población?

100	La tecnología contribuye a mejorar sensiblemente la salud de la población
75	La tecnología contribuye a mejorar la salud de la población
50	La tecnología no contribuye a mejorar la salud de la población
25	La tecnología puede afectar la salud de la población
0	La tecnología afecta significativamente la salud de la población

### **Dimensión Ambiental:**

#### **Criterio 8:** Mitigación de GEIs

La tecnología contribuye a la mitigación de GEIs?

Se considera como escenario de línea de base la situación actual de manejo de RSU basada en basurales a cielo abierto, rellenos semi controlados y algunos rellenos sanitarios.

100	La tecnología contribuye a un alto nivel de mitigación de GEIs
75	La tecnología contribuye a la mitigación de GEIs
50	La tecnología no modifica la generación de GEIs
25	La tecnología no contribuye a la mitigación de GEIs
0	La tecnología aumenta la generación de GEIs

#### **Criterio 9:** Calidad de aire

La tecnología contribuye a mejorar la calidad de aire ambiente?

Se supone que la calidad de aire ambiente no es buena u óptima

100	La tecnología contribuye a mejorar significativamente la calidad de aire ambiente
75	La tecnología contribuye a mejorar la calidad de aire ambiente
50	La tecnología no modifica la calidad de aire ambiente

25	La tecnología no mejora la calidad de aire ambiente
0	La tecnología empeora afecta la calidad de aire ambiente

**Criterio 10:** Agua

La tecnología mejora aspectos o contribuye a la protección de la calidad de aguas superficiales y/o subterráneas (CASy/oS)?

100	La tecnología contribuye significativamente a la protección de la CASy/oS
75	La tecnología contribuye a la protección de la CASy/oS
50	La tecnología no contribuye a la protección de la CASy/oS
25	La tecnología afecta la CASy/oS
0	La tecnología afecta significativamente la protección de la CASy/oS

**Criterio 11:** Energía

La tecnología contribuye a disminuir el consumo de energía fósil?

100	La tecnología contribuye a disminuir significativamente el consumo de energía fósil
75	La tecnología contribuye a disminuir el consumo de energía fósil
50	La tecnología no modifica el consumo de energía fósil
25	La tecnología incrementa el consumo de energía fósil
0	La tecnología incrementa significativamente el consumo de energía fósil

**Dimensión Política/Institucional:**

**Criterio 12:** Aceptación social

La tecnología cuenta con consenso social para su implementación y permanencia en el tiempo?

100	La tecnología cuenta con amplio consenso social para su implementación y permanencia en el tiempo
75	La tecnología cuenta con consenso social para su implementación y permanencia en el tiempo
50	La tecnología cuenta con poco consenso social para su implementación y permanencia en el tiempo
25	La tecnología no cuenta con consenso social para su implementación y permanencia en el tiempo
0	La tecnología está en total disenso social para su implementación y permanencia en el tiempo

### **Criterio 13:** Marco regulatorio

La tecnología dispone de un marco regulatorio para su desarrollo e implementación?

100	La tecnología dispone de un amplio marco regulatorio para su desarrollo e implementación
75	La tecnología dispone de un marco regulatorio para su desarrollo e implementación
50	La tecnología dispone de algunas reglamentaciones para su desarrollo e implementación
25	La tecnología no dispone de reglamentaciones para su desarrollo e implementación
0	La tecnología está lejos de disponer de un marco regulatorio para su desarrollo e implementación

### **Criterio 14:** Compatibilidad con programas existentes

La tecnología es compatible con las políticas/estrategias existentes?

100	La tecnología es superadora de las políticas/estrategias existentes
75	La tecnología es compatible con las políticas/estrategias existentes
50	La tecnología es compatible con algunas políticas/estrategias existentes
25	La tecnología es incompatible con algunas políticas/estrategias existentes
0	La tecnología es incompatible con las políticas/estrategias existentes

## **6.2. Resultados**

Las *Tablas 4.17 a 4.21* resumen las evaluaciones multicriterio desarrolladas por los participantes de este estudio y por las partes interesadas.

La *Tabla 4.18* corresponden a la visión de una de las partes entrevistadas para evaluar las tecnologías vinculadas al sector RSU, correspondiente a:

- Empresa concesionaria del servicio de Recolección, Barrido y Disposición Final de RSU y Operación de la Planta de biogás en el partido de Olavarría.
  - a. Nombre de la empresa: Malvinas SRL
  - b. Participante: Sr. Lucas Rey
  - c. Posición en la empresa: Gerente de Operaciones
  - d. Modalidad: entrevista con introducción sobre las características de las tecnologías consideradas y el planteo de las cuestiones establecidas para cada criterio.

Las *Tablas 4.19. y 4.21* fueron construidas en base a la visión de otra de las partes entrevistadas para evaluar las tecnologías vinculadas al tratamiento de efluentes industriales, que también participó en la valoración de las tecnologías del sector RSU, correspondiente a:

- Empresa de producción de bienes (frigorífico avícola)
  - a. Nombre de la empresa: Las Camelias S.A.
  - b. Localización: Colón, Entre Ríos
  - c. Participante: Elbio Woeffray
  - d. Posición en la empresa: Gerente de Ingeniería
  - e. Modalidad: entrega del cuestionario previa descripción del alcance de las tecnologías evaluadas y los criterios a evaluar

**Tabla 4.17. Análisis Multicriterio de las tecnologías evaluadas para el tratamiento de RSU**

Tecnología			GRS			Combustión	
Dimensión	Criterio		ET	E	B	ET	E
Económico	1	Desarrollo local de tecnología	75	50	50	25	25
	2	Economías regionales	50	50	50	25	25
	3	Uso de la tierra	0	0	0	25	25
	4	Costos específicos	25	25	50	0	0
<b>Subtotal Económico</b>			<b>37.5</b>	<b>31.25</b>	<b>37.5</b>	<b>18.75</b>	<b>18.75</b>
Social	5	Empleo (cantidad)	50	75	75	25	25
	6	Empleo (Calidad)	25	25	25	25	25
	7	Salud	25	25	25	0	0
<b>Subtotal Social</b>			<b>33.3</b>	<b>41,7</b>	<b>41,7</b>	<b>16,7</b>	<b>16,7</b>
Ambiental	8	Mitigación de GEIs	100	100	100	75	75
	9	Calidad de aire	75	75	75	0	0
	10	Agua	50	50	50	0	0
	11	Disminución uso energía fósil	75	100	100	50	75
<b>Subtotal Ambiental</b>			<b>75</b>	<b>81.25</b>	<b>81.25</b>	<b>31.25</b>	<b>37.5</b>
Político/Inst.	12	Acept. social	0	0	0	0	0
	13	Marco regulatorio	50	75	50	0	0
	14	Compatibilidad c/programas existentes	50	50	50	0	0
<b>Subtotal Político/Institucional</b>			<b>33.3</b>	<b>41.7</b>	<b>33.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<b>Total Normalizado</b>			<b>45</b>	<b>49</b>	<b>48</b>	<b>17</b>	<b>18</b>

ET: energía térmica. E: electricidad. B: biometano

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al análisis multicriterio aplicado sobre las tecnologías de tratamiento de RSU con fines energéticos, resulta que la captura del GRS para la producción de electricidad resulta la tecnología con mayor potencial de implementación, seguido por la utilización del GRS para la generación de energía térmica y biometano. En el marco político-institucional actual de Argentina, la aplicación de la combustión de RSU para la generación de energía no cuenta con un contexto adecuado para su implementación además de tener muy bajo consenso social e importantes barreras técnicas y económicas para su desarrollo.

**Tabla 4.18. Análisis Multicriterio de las tecnologías evaluadas para el tratamiento de RSU (Stakeholder 1, Empresa operadora de rellenos sanitarios)**

Tecnología		GRS			Combustión		
Dimensión	Criterio	ET	E	B	ET	E	
Económico	1	Desarrollo local de tecnología	75	75	75	75	75
	2	Economías regionales	25	25	25	25	25
	3	Uso de la tierra	50	50	50	75	75
	4	Costos específicos	50	50	50	25	25
<b>Subtotal Económico</b>		<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>43.75</b>	<b>43.75</b>	
Social	5	Empleo (cantidad)	75	75	75	75	75
	6	Empleo (Calidad)	75	75	75	75	75
	7	Salud	75	75	75	50	50
<b>Subtotal Social</b>		<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>66.7</b>	<b>66.7</b>	
Ambiental	8	Mitigación de GEIs	75	75	75	50	50
	9	Calidad de aire	75	75	75	50	50
	10	Agua	75	75	75	75	75
	11	Disminución uso energía fósil	75	75	75	75	75
<b>Subtotal Ambiental</b>		<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>62.5</b>	<b>62.5</b>	
Político/Inst.	12	Acept. social	25	25	25	25	25
	13	Marco regulatorio	0	75	50	0	0
	14	Compatibilidad c/programas existentes	25	25	25	0	0
<b>Subtotal Político/Institucional</b>		<b>16.7</b>	<b>41.7</b>	<b>33.3</b>	<b>8.3</b>	<b>8.3</b>	
<b>Total Normalizado</b>		<b>54</b>	<b>60</b>	<b>58</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	

La ponderación de la matriz multicriterio por parte de una empresa privada operadora de rellenos sanitarios resultó favorable para la utilización del GRS para la producción de electricidad y en menor medida para la producción de biometano y energía térmica. La

combustión aparece menor ponderada casi exclusivamente por el bajo puntaje asignado al marco político institucional que no favorece su desarrollo.

**Tabla 4.19. Análisis Multicriterio de las tecnologías evaluadas para el tratamiento de RSU (Elaboración Stakeholder 2, empresa productora de bienes)**

Tecnología			GRS			Combustión	
Dimensión	Criterio		ET	E	B	ET	E
Económico	1	Desarrollo local de tecnología	75	75	25	75	75
	2	Economías regionales	75	25	25	75	25
	3	Uso de la tierra	75	75	75	75	75
	4	Costos específicos	75	25	0	75	25
<b>Subtotal Económico</b>			<b>75</b>	<b>50</b>	<b>31,25</b>	<b>75</b>	<b>50</b>
Social	5	Empleo (cantidad)	50	25	25	50	25
	6	Empleo (Calidad)	75	75	75	75	75
	7	Salud	75	50	50	75	50
<b>Subtotal Social</b>			<b>66,7</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>66,7</b>	<b>50,0</b>
Ambiental	8	Mitigación de GEIs	75	75	75	75	75
	9	Calidad de aire	75	75	75	25	25
	10	Agua	75	75	75	75	75
	11	Disminución uso energía fósil	75	75	75	75	75
<b>Subtotal Ambiental</b>			<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>62,5</b>	<b>62,5</b>
Político/Inst.	12	Acept. social	75	75	100	75	75
	13	Marco regulatorio	25	25	0	25	25
	14	Compatibilidad c/programas existentes	75	75	75	75	75
<b>Subtotal Político/Institucional</b>			<b>58,3</b>	<b>58,3</b>	<b>58,3</b>	<b>58,3</b>	<b>58,3</b>
<b>Total Normalizado</b>			<b>69</b>	<b>58</b>	<b>54</b>	<b>66</b>	<b>55</b>

Según la evaluación del Stakeholder 2, la tecnología de mayor potencial de implementación resulta el aprovechamiento de GRS para la generación de energía térmica y la combustión de RSU para el mismo fin.

**Tabla 4.20. Análisis Multicriterio de las tecnologías evaluadas para el tratamiento de efluentes industriales por biodigestión anaeróbica**

Tecnología			Laguna cubierta			Reactores (UASB, Flujo Pistón, Mezcla completa)		
Dimensión	Criterio		ET	E	B	ET	E	B
Económico	1	Desarrollo local de tecnología	100	100	50	75	75	50
	2	Economías regionales	100	75	50	50	50	50
	3	Uso de la tierra	25	25	25	75	75	75
	4	Costos específicos	75	75	50	50	50	50
<b>Subtotal Económico</b>			<b>75</b>	<b>68.75</b>	<b>43.75</b>	<b>62.5</b>	<b>62.5</b>	<b>56.25</b>
Social	5	Empleo (cantidad)	50	50	50	50	50	50
	6	Empleo (Calidad)	50	50	75	50	50	50
	7	Salud	75	75	75	75	75	75
<b>Subtotal Social</b>			<b>58.3</b>	<b>58.3</b>	<b>66.7</b>	<b>58.3</b>	<b>58.3</b>	<b>58.3</b>
Ambiental	8	Mitigación de GEIs	75	75	75	75	100	100
	9	Calidad de aire	75	75	75	75	75	75
	10	Agua	50	50	50	50	50	50
	11	Disminución uso energía fósil	75	100	100	75	100	100
<b>Subtotal Ambiental</b>			<b>68.75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>68.75</b>	<b>81.25</b>	<b>81.25</b>
Político/Inst.	12	Acept. social	100	100	100	100	100	100
	13	Marco regulatorio	100	100	100	100	100	100
	14	Compatibilidad c/programas existentes	100	100	100	100	100	100
<b>Subtotal Político/Institucional</b>			<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
<b>Total Normalizado</b>			<b>76</b>	<b>76</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>76</b>	<b>74</b>

ET: energía térmica. E: electricidad. B: biometano

**Fuente: Elaboración propia**

De acuerdo al análisis multicriterio aplicado sobre las tecnologías de tratamiento de efluentes industriales con fines energéticos, resulta que las lagunas cubiertas para la captura y utilización del metano para la generación de energía térmica o electricidad resulta la tecnología con mayor potencial de implementación, seguido por los reactores anaeróbicos.



**Tabla 4.21. Análisis Multicriterio de las tecnologías evaluadas para el tratamiento de efluentes industriales por biodigestión anaeróbica (Stakeholder 3, empresa productora de bienes)**

Tecnología			Laguna cubierta			Reactores (UASB, Flujo Pistón, Mezcla completa)		
Dimensión	Criterio		ET	E	B	ET	E	B
Económico	1	Desarrollo local de tecnología	75	75	75	75	75	75
	2	Economías regionales	75	25	25	75	25	25
	3	Uso de la tierra	75	75	75	75	75	75
	4	Costos específicos	75	50	0	25	25	0
<b>Subtotal Económico</b>			<b>75</b>	<b>56,25</b>	<b>43,75</b>	<b>62,5</b>	<b>50</b>	<b>43,75</b>
Social	5	Empleo (cantidad)	50	50	25	50	50	25
	6	Empleo (Calidad)	50	50	75	50	50	75
	7	Salud	75	75	75	75	75	75
<b>Subtotal Social</b>			<b>58,3</b>	<b>58,3</b>	<b>58,3</b>	<b>58,3</b>	<b>58,3</b>	<b>58,3</b>
Ambiental	8	Mitigación de GEIs	75	75	75	75	75	75
	9	Calidad de aire	75	75	75	75	75	75
	10	Agua	75	75	75	75	75	75
	11	Disminución uso energía fósil	75	75	75	75	75	75
<b>Subtotal Ambiental</b>			<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>
Político/Inst.	12	Acept. social	75	75	75	75	75	75
	13	Marco regulatorio	25	0	0	25	0	0
	14	Compatibilidad c/programas existentes	75	75	75	75	75	75
<b>Subtotal Político/Institucional</b>			<b>58,3</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	<b>58,3</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>
<b>Total Normalizado</b>			<b>67</b>	<b>60</b>	<b>57</b>	<b>64</b>	<b>58</b>	<b>57</b>

ET: energía térmica. E: electricidad. B: biometano

De acuerdo al análisis multicriterio aplicado sobre las tecnologías de tratamiento de efluentes industriales con fines energéticos, resulta que las lagunas cubiertas para la captura y utilización del metano para la generación de energía térmica resulta la tecnología con mayor potencial de implementación, seguido por los reactores anaeróbicos.

### 6.3. Análisis de los resultados obtenidos

En un escenario donde la generación de residuos es creciente, donde el compromiso del uso de la tierra para la disposición de los mismos está altamente cuestionada, donde las tecnologías que disminuyen sensiblemente el volumen y la masa de los residuos tienen un alto componente de riesgo para la calidad del ambiente y de sus ocupantes, surge la necesidad de evaluar soluciones en el marco de un proceso más complejo donde la alternativa no sea una única forma de tratar el problema de los residuos, sino precisamente en lograr la mejor combinación de soluciones.

En este sentido, la tecnología más viable para el tratamiento de los RSU que implique menores impactos quizás no sea una única sino la combinación de varias de ellas que permitan tratar diferentes fracciones de los RSU y resulte un sistema integral más eficiente y amigable con el medio ambiente.

El costo de la energía en el mercado es un factor de gran influencia al momento de evaluar la factibilidad técnico-económica de cualquier proyecto de generación de energía. Argentina ha tenido en el último mes del año 2011 un cambio significativo en el costo de la energía provista por el Estado eliminando a partir del 1 de Diciembre de 2011 (por Resolución 1302 de la Secretaría de Energía), todos los subsidios en el sector energético para la actividad industrial. Este escenario puede favorecer el desarrollo de proyectos energéticos en el mediano plazo.

Por otro lado, las redes de suministro de eléctrica y de gas natural tienen amplia cobertura en todo el estado nacional, lo que las hace accesibles tanto para la actividad productiva como residencial y le quita competitividad a los proyectos de energías renovables a los valores de comercialización actuales.

Dado que la materia prima para la implementación de cualquiera de las tecnologías evaluadas son los RSU, y estos dependen de los núcleos poblacionales que los generan, las características de distribución poblacional de Argentina también es un componente a considerar al momento de evaluar las tecnologías. La alta concentración de población en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos, exige un análisis exhaustivo de las posibles escalas de los proyectos ya que existe una alta probabilidad de establecer proyectos de gran escala cerca de los núcleos poblacionales más densos (por la cuestión de los costos de transporte) y una diseminación de proyectos de pequeña escala en el interior del país.

La emisión de gases a la atmósfera es el impacto ambiental más importante de los producidos por el proceso de incineración de los RSU. Si bien la combustión de RSU evita la emisión de metano por descomposición de la biomasa orgánica, por otro lado genera emisiones de CO<sub>2</sub> producto de la oxidación de otros componentes contenidos en los RSU que no se pueden considerar neutras como las provenientes de la biomasa, además de otros componentes nocivos productos de la descomposición térmica de la heterogénea masa de residuos.

Por otro lado, existe un proyecto de ley que ingresó en el Senado provincial (Buenos Aires, Junio 2011) que propone delegar en los fabricantes de envases de plástico la responsabilidad de la reutilización, reciclado o disposición final de esos productos, para reducir en un 30% la producción de basura. Esta ley puede modificar cualquier proyecto de incineración de RSU, ya que los plásticos son uno de los componentes que mayor aporte realizan al poder calorífico de los residuos urbanos.

De las tecnologías de tratamiento de RSU para la producción de energía, el AMC muestra que la captura de biogás en rellenos sanitarios para generar energía térmica o electricidad resulta una tecnología mejor ponderada que la combustión de RSU para el mismo uso. Si bien la selección de sitios para la construcción de rellenos sanitarios tiene una alta probabilidad de fracasar debido a que cuentan con alta resistencia de las poblaciones y las ONGs, existe una realidad que es la casi total ausencia de planes de separación de materiales en origen, lo que obliga al menos en el corto plazo a la disposición de los RSU en sitios controlados.

En cuanto a la mitigación de emisiones de GEIs por el tratamiento de los RSU, las tecnologías analizadas han mostrado diferentes niveles de mitigación aunque en dichos números no se reflejan las reducciones netas que cada una de ellas genera. La captura de GRS muestra el mayor impacto en la mitigación de GEIs en el sector RSU (3.870.000 y 3.847.000 tCO<sub>2</sub>/año frente a 2.600.00 y 3.300.000 tCO<sub>2</sub>/año de la incineración de RSU para generación de energía térmica y electricidad respectivamente). Respecto al tratamiento de efluentes por biodigestión anaeróbica, los sectores evaluados presentan un potencial de mitigación superior a 7.000.000 tCO<sub>2</sub>/año por el uso de biogás capturado.

Un trabajo desarrollado en Irlanda (Murphy y McKeogh, 2004) a partir del tratamiento de una telada de RSU demostró que el uso del biogás o GRS en sus distintas formas (como energía térmica, para la producción de electricidad o como biometano para ser utilizado en el transporte) es la tecnología que mayor reducción de emisiones neta produce. Le sigue la gasificación con generación de vapor y electricidad y por último la incineración con generación de electricidad que es la tecnología que menor disminución de emisiones netas genera. En el caso de que la línea de base sea la captura de GRS sin destrucción del metano la generación de energía térmica y electricidad a partir de GRS resulta una tecnología “más verde” aún que la energía eólica, ya que reduce sensiblemente mayor cantidad de CO<sub>2</sub> por kWh producido.

EL AMC evidencia que la tecnología de digestión anaeróbica resulta la más sostenible desde el punto de vista técnico, social, ambiental e institucional ya que contribuye a mejorar las prácticas habituales de producción, brinda la posibilidad de alcanzar el autoconsumo de energía, principalmente en sectores industriales de escala intermedia a chica y cuentan con un marco institucional adecuado para su implementación.

Las mejores tecnologías disponibles (BAT's por sus siglas en inglés) propugnan la adopción de las tecnologías de producción disponibles en el mercado que generen menos polución de cualquier tipo, a la vez que se revelan como económicamente viables. Una tecnología deviene adecuada y muy utilizada cuando se demuestra su competitividad. Una BAT significa producir lo mismo (o de mejor calidad) utilizando menos materia prima y menos energía, lo que de manera automática se traduce en un método más económico. Es decir, una tecnología más competitiva también es más respetuosa con el medio ambiente.

En algunos países como España, es habitual poner a disposición de los industriales el estado del arte de las BAT's para los sectores que generan mayor impacto en el medio como la incineración de residuos tóxicos y peligrosos, la producción de cal y cemento, las refinerías, la siderurgia, la industria química en general, etc. La normativa en este caso propone la adopción de aquellas BATs que fomenten:

- el uso de tecnologías que generaran menos residuos,
- el reciclaje y la reutilización de los residuos producidos en el curso de la fabricación
- la valoración a la baja de la cantidad emitida

- la reducción de las materias primas, incluida el agua y la energía

Un mercado competitivo que penalice la producción con alta tasa de carbono o con elevados consumos específicos de recursos fuera de los límites establecidos por estándares internacionales, es un escenario aún postergado dentro del sistema productivo argentino.

El establecimiento de estándares de producción basados en una menor tasa de carbono o menor utilización de recursos naturales puede convertirse en un incentivo que promueva la implementación de prácticas de producción limpia. Indicadores específicos ( $m^3$ /unidad de producto, carga orgánica/unidad de producto, etc) para los diferentes sectores productivos con significativo impacto en la generación de residuos y efluentes puede contribuir a establecer prácticas de producción limpia o a facilitar el desarrollo de estudios de factibilidad con fines de aprovechamiento energético de los residuos y efluentes.

Del análisis de los entornos habilitantes, el sector institucional es ciertamente la barrera más importante a remover, ya que facilitando el marco regulatorio a través de una política claramente comprometida con la implementación de tecnologías de aprovechamiento energético de residuos facilitaría el desarrollo de tecnología y proveedores locales.

## 7. COMENTARIOS FINALES

---

En un escenario donde la generación de residuos es creciente, donde el compromiso del uso de la tierra para la disposición de los mismos está altamente cuestionada, donde las tecnologías que disminuyen sensiblemente el volumen y la masa de los residuos tienen un alto componente de riesgo para la calidad del ambiente y de sus ocupantes, y donde es urgente la búsqueda de nuevas formas de energías renovables que faciliten la sustitución de combustibles fósiles, surge la necesidad de evaluar soluciones en el marco de un proceso más complejo donde la alternativa no sea una única forma de tratar el problema de los residuos, sino precisamente en lograr la mejor combinación de soluciones.

En este sentido, la alternativa más viable para el tratamiento de los RSU que implique menores impactos quizás no sea la implementación de una única tecnología sino la combinación de varias de ellas que permitan tratar diferentes fracciones de los RSU y resulte un sistema integral más eficiente y amigable con el medio ambiente. El tránsito desde la actual práctica común de basurales a cielo abierto en el interior del país y de sitios de disposición final con relativo control ambiental en las ciudades más importantes, exige avanzar hacia el establecimiento de tecnologías probadas que permitan fundamentalmente la recuperación de energía contenida en los residuos urbanos y de los materiales que pueden ser reciclados.

La situación de los efluentes industriales portadores de alta carga de materia orgánica se está acercando a una situación donde la descarga de los mismos con fines de aportar nutrientes al ecosistema ya no cumple esta función sino que más bien, por las modificaciones que han surgido durante los últimos veinte años la actividad agropecuaria a través de la implementación de crías intensivas estabuladas, ha llevado a una incapacidad gradual de los ecosistemas de asimilar el exceso de nutrientes, lo que obliga a implementar urgentes sistemas de saneamiento ambiental.

La disponibilidad de tecnologías probadas para aprovechar el biogás que pueden generar estos efluentes es una alternativa doblemente beneficiosa que favorece la estabilización de los mismos antes de su descarga al medio y además permite disponer de energía renovable para los propios procesos o para exportar a la red. Esta posibilidad contribuye a mitigar el carbono de la economía por dos vías, una a través de la captura del metano y su uso y otra por el reemplazo de combustibles fósiles.

Del análisis de los entornos habilitantes, el sector institucional es ciertamente la barrera más importante a remover, ya que facilitando el marco regulatorio a través de una política claramente comprometida con la implementación de tecnologías de aprovechamiento energético de residuos se facilitaría el desarrollo de tecnología y proveedores locales promoviendo el avance hacia un sistema de producción sustentable con menor intensidad de carbono.

## 8. ANEXOS SECCIÓN I



### 8.1. LISTA DE ACTORES INVOLUCRADOS

A continuación se detalla la lista de participantes, cuyo contacto se realizó a través de una serie de reuniones conjuntas y visitas al establecimiento.

Aspecto	Organización	Nombre
Intención de incorporar EERR en el establecimiento	Empresa Cajén S.A.	Enrique Cajén
Factibilidad de incorporar la biodigestión anaeróbica para el tratamiento de efluentes	Facultad de Ingeniería UNCPBA	
Factibilidad de incluir la generación de electricidad para autoconsumo en el establecimiento	Facultad de Ingeniería UNCPBA	
Desarrollo de una unidad de negocios para la generación de EERR en el establecimiento	Empresa Cajén S.A.	Enrique Cajén (h)
Factibilidad de incorporar otras fuentes de EERR para las actividades del establecimiento	Facultad de Ingeniería UNCPBA	
Búsqueda de socios para la inversión inicial	Empresa Cajén S.A.	Enrique Cajén (h)

## 8.2. FICHAS DE TECNOLOGÍAS SELECCIONADAS

### A. Captura de biogás en rellenos sanitarios para la producción de electricidad

#### a. Introducción

La problemática actual de los RSU en Argentina reclama la definición de políticas claras y coherentes entre las diferentes jurisdicciones (municipal, provincial, nacional) de manera de optimizar el uso de los recursos (equipamiento, tierras, personal) con fines de disminuir la cantidad de RSU que van a disposición final, alcanzar metas concretas de separación en origen y establecer planes de recuperación y reutilización de materiales. Mientras tanto, la disposición final de RSU en condiciones que aseguren la salud de las personas y mitiguen los impactos sobre el ambiente es un desafío urgente que no se visualiza alcanzar en el corto plazo. Menos aún la implementación con un mínimo grado de consenso de medidas para alcanzar el aprovechamiento energético de los RSU. La experiencia desarrollada en el Área Metropolitana y en algunas ciudades del interior en relación a la captura de GRS constituye un potencial de referencia y también de transferencia para ciudades o regiones que no cuentan con los recursos para desarrollar sistemas energéticos a partir de los residuos. La generación de electricidad a partir del GRS es aún una meta por alcanzar aunque el escenario actual pareciera favorecer esta iniciativa, dada la alta demanda de generación de energía que reclama el Estado Nacional, dentro del cual, el programa GENREN constituye un incentivo en este sentido. Capitalizar este contexto promoviendo el uso de fuentes renovables de energía a partir del adecuado tratamiento de los RSU es un desafío que puede contribuir a vencer las barreras legales e institucionales identificadas.

#### b. Características de la tecnología

La tecnología para recuperar el GRS consiste en tubos horizontales y/o verticales que capturan el gas del relleno sanitario y tuberías que lo transportan hacia la planta de tratamiento, donde se acondiciona el GRS antes de su inyección en los equipos de generación de electricidad. La tecnología convencional utiliza generalmente tuberías de polietileno de alta densidad de diferentes espesores para la captura y transporte del GRS, accesorios soldados por electrofusión, filtros, trampas de condensados, soplantes e instrumental para el monitoreo. Se construyen pozos de captura a diferentes profundidades a lo largo del relleno sanitario que se diseñan con el fin de optimizar la recuperación del gas y evitar la penetración de aire exterior. Se pueden utilizar cabezales individuales para cada pozo conectado a la planta de tratamiento o redes de cabezales que concentran el GRS proveniente de varios pozos, dependiendo del tamaño y diseño del relleno sanitario. La utilización de GRS como combustible para la generación de electricidad exige aplicar pre-tratamientos para la eliminación de vapor de agua, sulfuros, siloxanos y otros componentes minoritarios. Se utilizan condensadores o knock out y lechos de carbón activado que han mostrado ser eficientes para la remoción de estos compuestos.

#### c. Potencial de aplicación específica en el país

Desde el punto de vista técnico, esta tecnología cuenta con posibilidades de desarrollarse en el país. La barrera más importante para su desarrollo es la ausencia de un marco legal adecuado que promueva el uso energético de los RSU y beneficie a quienes avancen en este sentido. Bajo el marco legal actual, un municipio que avance en la construcción de un relleno sanitario tiene mayor exigencia y nivel de control por parte de los organismos del Estado respecto al

municipio que dispone sus RSU en basurales a cielo abierto; más acentuada es aún la exigencia de controles cuando ese municipio/empresa intenta avanzar en el aprovechamiento energético del GRS para la producción de electricidad. Por lo tanto, lo primero es avanzar en una legislación coherente con el desarrollo que se pretende alcanzar de manera de alcanzar un crecimiento paulatino de los diferentes sectores que intervienen en el proceso de inserción de una nueva tecnología (fabricantes de equipos, proveedores de servicios, capacitación de recursos humanos).

#### **d. Status de la tecnología en el país**

La tecnología para la construcción de plantas de recuperación de GRS en Argentina está casi en su totalidad disponible en el mercado local. Existen proveedores locales con experiencia en la instalación de redes de gas natural que puede asimilarse a este tipo de proyectos. En cuanto a la provisión de equipos, existen empresas con capacidad para suministrar (vender, construir, diseñar) los diferentes equipos que requiere una planta de recuperación y uso de GRS como condensadores, soplantes, antorchas de combustión de gases, equipos para el control y monitoreo de emisiones. El único componente que no cuenta con producción a nivel local es el motogenerador o motor de combustión interna para biogás. Los equipos probados comercialmente provienen de fábricas con licencias extranjeras que a su vez cuentan con representantes locales (Guascor, Jenbacher, Caterpillar).

#### **e. Desarrollo de beneficios económicos/sociales y ambientales**

La producción de electricidad a partir de GRS conlleva beneficios económicos, sociales y ambientales que se evidencian en el corto plazo ya que existe una realidad vinculada a los patrones de producción y consumo que aseguran la disponibilidad de RSU como fuente de materia prima para la implementación de la tecnología. Desde el punto de vista económico y social, la implementación de esta tecnología demanda mano de obra para la construcción y operación de rellenos sanitarios y de plantas de recuperación de GRS, para la provisión de materiales y equipos, para el desarrollo de nuevos equipos, además de la capacitación de recursos humanos y el desarrollo de proveedores de servicios. Desde el punto de vista ambiental, la disposición de RSU en condiciones controladas mejora la calidad de vida de las poblaciones cercanas y de los recursos naturales (suelos, aguas subterráneas, aire) además de contribuir a mitigar las emisiones de metano de los basurales a cielo abierto, los riesgos de incendio y explosión y la contaminación de materiales tóxicos.

#### **f. Beneficios en la mitigación del cambio climático**

Desde el punto de vista de la mitigación de emisiones de GEIs, la tecnología contribuye a mitigar emisiones de metano que tiene 21 veces mayor potencial de calentamiento global que el dióxido de carbono, pero a su vez disminuye las emisiones de carbono por la sustitución de combustible fósil para la producción de electricidad, de manera que tiene una doble capacidad de mitigación de GEIs. Está demostrado que la producción de electricidad a partir de GRS disminuye aproximadamente un 10% adicional a las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente mitigadas por la captura del metano.

#### **g. Requerimientos Financieros y Costos**

La escala de los proyectos de recuperación GRS para la generación de electricidad es un factor que influye significativamente en la implementación de esta tecnología. Algunos criterios indican un mínimo de un millón de toneladas de RSU depositadas para generar energía



eléctrica. Esto deja a un lado un gran número de proyectos intermedios, que son la mayoría en Argentina, según la distribución poblacional actual. En estos proyectos los costos operativos resultan elevados respecto la rentabilidad y aún para proyectos de mayor escala, el costo de producción de electricidad a partir de GRS es un 60% superior al valor que se comercializa la electricidad en el mercado eléctrico mayorista. Esta realidad indica la necesidad de disponer de formas de financiamiento alternativas o promociones a la producción de electricidad con GRS para vencer las barreras a la inversión y los riesgos asociados.

## **B. Biodigestión anaeróbica con generación de electricidad**

### **a. Introducción**

Los sectores de cría intensiva de ganado bovino, porcino y avícola han experimentado en Argentina una serie de cambios que en los últimos años se ha evidenciado en una mayor concentración de establecimientos y en el aumento de las capacidades de producción. En los casos en que los establecimientos se encuentran cercanos a centros poblacionales, el inadecuado manejo de los residuos y efluentes genera impactos desfavorables sobre el ambiente y la calidad de vida de la población. En general, el manejo de efluentes en algunos sectores como la industria láctea, azucarera, citrícola y frigoríficos consiste en el almacenamiento en condiciones precarias (lagunas abiertas sin aislación) o el vertido dentro o fuera de los establecimientos con mínimos controles de descarga. Las emisiones de metano del sector aguas residuales alcanzaron en el año 2000 un valor de 101 Gg con contribuciones significativas del sector alimenticio, bebidas y la industria de la pulpa y papel. De los siete proyectos de captura de biogás en efluentes industriales registrados al año 2012, la mayoría de ellos utiliza el biogás como combustible para la provisión de energía térmica para los propios procesos. No se ha avanzado en la provisión de electricidad a la red pública ni en la formación de asociaciones con este fin, que además intenten alcanzar una mayor escala de la producción de biogás para su aprovechamiento energético. La ausencia de controles sobre la descarga de efluentes sumado a la incertidumbre en la tecnología y a los riesgos de inversión son barreras que afectan el desarrollo de esta tecnología.

### **a. Características de la tecnología**

La biodigestión anaeróbica con aprovechamiento energético requiere cuatro componentes básicos: el sistema de almacenamiento y acondicionamiento de efluentes, un digestor, el sistema de manejo del gas y el equipamiento para su utilización (calderas, generadores). Existen diferentes tipos de digestores, cuya selección depende fundamentalmente de las características de los efluentes, principalmente de su porcentaje de sólidos totales. Los sistemas típicos para la recuperación de biogás desarrollados comercialmente para el tratamiento de efluentes son los digestores de laguna cubierta aptos para un porcentaje de sólidos totales de hasta 3%; los digestores de mezcla completa que son tanques construidos de material reforzado como hormigón o acero con una cubierta impermeable en el cual existe una mezcla periódica por bombeo o impulsión y es apto para efluentes de 3 a 10 % de sólidos totales, los digestores de tipo flujo pistón que consisten en depósitos largos calefaccionados con cubierta hermética aptos para manejar efluentes con 11-13% de sólidos totales y los reactores tipo UASB para el tratamiento de lodos. En general los digestores trabajan a temperatura constante durante todo el año y tienen un flujo de gas estable lo que los hace apto para posteriores aplicaciones mientras que las lagunas cubiertas pueden tener oscilaciones en la producción de gas en épocas invernales. Esta particularidad es importante para la generación de electricidad ya que los equipos requieren estabilidad en la provisión del

recurso. Como auxiliares de la tecnología se requiere equipamiento convencional (mezcladores, estabilizadores) y laboratorio de análisis físico-químico de los efluentes para asegurar la estabilidad de la biomasa y la producción de biogás.

#### **b. Potencial de aplicación específica en el país**

Esta tecnología tiene un amplio campo de aplicación en el país, considerando las características de producción agropecuaria con crías intensivas de ganado y gran número de frigoríficos e industrias alimenticias con importante generación de efluentes con alta carga de materia orgánica. Estudios previos han evidenciado el alto grado de impacto que existe en importantes cuencas del país como la del río Salí, Riachuelo, embalse de Río Hondo por la descarga de efluentes sin tratamiento previo. La escasez de proyectos desarrollados con tecnología local y la ausencia de una cadena de proveedores reconocida para la implementación de la tecnología aumentan el riesgo de inversión. La ausencia de mecanismos de control de la descarga de efluentes, la falta de promoción de prácticas de producción limpia, de eficiencia energética y del uso de tecnologías renovables para la producción de electricidad las barreras identificadas para el desarrollo de esta tecnología.

#### **c. Status de la tecnología en el país**

Durante los últimos años, y fundamentalmente en el marco del incentivo del MDL, se han instalado en Argentina algunas lagunas y reactores anaeróbicos con captura de biogás. En la mayoría de los proyectos se utiliza el biogás capturado como fuente de energía térmica para autoconsumo, reemplazando el gas natural utilizado en las calderas para la producción de vapor para los propios procesos. De los diez proyectos en operación, siete de ellos utilizan reactores tipo UASB de licencias y know how extranjero y utilizan el biogás como fuente de energía térmica para autoconsumo. No se han desarrollado proyectos asociativos que concentren la biomasa para la generación de electricidad con fines de aumentar la escala de los proyectos y mejorar los indicadores económicos. Tampoco existe suficiente número de empresas reconocidas con experiencia local para proveer los servicios de construcción, instalación y operación de digestores, lo que constituye un nicho de potencial desarrollo en el futuro inmediato.

#### **d. Desarrollo de beneficios económicos/sociales y ambientales**

La producción de electricidad a partir de la digestión anaeróbica de efluentes presenta múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos. Contribuye a mitigar las emisiones de metano de los efluentes no tratados, a disminuir los efectos de la polución y contaminación de aguas superficiales y subterráneas y a la sustitución de combustibles fósiles. También promueve la mejora de las prácticas de producción y manejo y el desarrollo de nuevos proveedores de la tecnología y los recursos humanos calificados para implementarla. También es importante el potencial de utilización de la energía que puede generar la captura de biogás ya sea para consumo interno de los procesos o para exportar a la red, generando un nuevo sistema con posibles formas asociativas que puedan proveer la biomasa/efluente y resolver aspectos ambientales. La implementación de la tecnología además de demandar mano de obra para las distintas etapas de la producción de energía (construcción, instalación, operación y mantenimiento, provisión de insumos, logística) requiere el desarrollo de recursos humanos e infraestructura para el control físico-químico de los efluentes (laboratorios) y para el suministro de electricidad.

#### **e. Beneficios en la mitigación del cambio climático**

La implementación de la tecnología de digestión anaeróbica con generación de electricidad contribuye a mitigar los impactos relacionados con las emisiones de metano y las consecuencias que el inadecuado manejo de los efluentes provoca en el medio físico y humano, además de constituir una fuente de energía renovable que por las características del suministro puede resolver cuestiones vinculadas al autoconsumo en sectores productivos medianos y PyMEs. Los resultados indican que se alcanzaría una mitigación cercana a las siete millones de toneladas de dióxido de carbono anual por la captura de metano a través de la aplicación de esta tecnología en el sector industrial, además de casi 700.000 tCO<sub>2</sub>e por año por la sustitución de combustibles fósiles para la generación de energía.

#### **f. Requerimientos Financieros y Costos**

La implementación de esta tecnología requiere de una inversión difícil de amortizar en el corto plazo, dadas las actuales condiciones del entorno económico y legal. A la inestabilidad propia de cada sector se suman los riesgos de inversión en una tecnología no suficientemente mostrada, la escasa y poco visible disponibilidad de proveedores locales de la tecnología, a la incertidumbre del valor de comercialización de la energía, y al amplio acceso a la red pública de electricidad que para bajos consumos y proyectos de pequeña escala no resuelva la ecuación económica-financiera de un proyecto de inversión en bioenergía. En este escenario es indispensable desarrollar líneas de financiamiento con créditos blandos, la promoción de la producción limpia a través de marcos regulatorios que promuevan la producción de energías renovables para autoconsumo y precios adecuados de la energía considerando el costo de producción de electricidad a partir de biogás.

### 8.3. LISTADO DE REFERENCIAS

- Acrion. 1992. Acrion Technologies, Inc. LFG Recovery for Compressed Natural Gas Vehicles and Food Grade Carbon Dioxide, SBIR Phase I Final Report, prepared for US Department of Energy.
- Barnett A., Pyle L., Subramanian S. 1978. Biogas Technology in the Third World, A Multidisciplinary Review. Ottawa, Ont., IDRC. 1978. 132 p. Ill.,. ISBN: 0-88936-162-2. Technical Editor: Michael Graham.
- Bauer, G.; Beyer, S.; Bittner, M. y otros. 1996. Recycling and Recovery of Plastics. Ed. C.H. Verlag.
- Blanco, G., Santalla, E. 2009. Feasibility for Landfill Recovery Projects: an Analysis for the Argentine Scenario. International Journal of Applied Environmental Sciences (IJAES). ISSN 0973-6077 Volume 4, Number 4, 367-379.
- Blanco G, Santalla E. 2009. Feasibility for Landfill Gas Recovery Projects: An Analysis for the Argentine Scenario. International Journal of Applied Environmental Sciences (IJAES). ISSN 0973-6077 Volume 4, Number 4 (2009), pp. 367–379.
- Blanco, G., Santalla, E. 2010. Evaluation of the potential of the Electric Energy Generation from Landfill Gas in Argentina. International Journal of Applied Environmental Sciences (IJAES). ISSN 0973-6077 Volume 5, Number 4, 637-650.
- Borsa, E. 2006. Proyecto Final de Carrera de Ingeniería Química. Predicción de la tasa de biogás y estudio de pre-factibilidad de su potencial de aprovechamiento. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires UNCPBA. 040 B738 16529-1.
- Boyle, G., 2004. Renewable Energy Power for a Sustainable Future, Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- Capittini, A., Santalla E. 2011. Efluentes de la Industria Láctea: amenaza u oportunidad?. Proceedings II Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables. Córdoba (Argentina). 9-11 Noviembre 2011. Págs 345-354. ISBN 978-987-1253-89-0.
- Córdoba V., Blanco G., Crozza D., Santalla E. 2011. Emisiones de Metano en el Sector Ganadero Argentino. Proceedings II Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables. 9-11 Noviembre de 2011. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Villa María. Córdoba, Argentina. Págs. 240-251. ISBN: 978-987-1253-89-0.
- Caputo, A. Palumbo M., Pelagagge P. M., Scacchia F. 2005. Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables. Biomass and Bioenergy 28, 35–51.
- Contreras Devia R.; Vilches Galvez R. 2007. Diseño de um Sistema de Manejo y Utilización de Purines en Prédios de Engorda Bovina Intensiva. Basados en Estudios de Casos, Tesis, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. 2007.
- Dudek J., Klimek P., Kolodziejak G., Niemczewska J., Zaleskca-Bartosz J. INiG. 2010. Landfill Gas Energy Technologies. USEPA Assistance Agreement XA-83449001,1.
- Environment Agency. 2004. Guidance on Gas treatment technologies for landfill gas engines. Río House. Waterside Drive, Aztec West. Almondsbury, Bristol BS32 4UD. UK.

- EPA. US Environmental Protection Agency. 1995. Decision-Makers' Guide to Solid Waste Management; Volume I,II; Washington D.C, 1995.
- EPA. US Environmental Protection Agency. 1999. Livestock Manure Management. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety of Germany, 2005. Waste Incineration – a potential danger? Bidding Farewell to Dioxin Spouting, Bonn, Germany. Available at: [http://www.bmu.de/english/waste\\_management/downloads/doc/35950.php](http://www.bmu.de/english/waste_management/downloads/doc/35950.php)
- Galotti, P., Santalla E. 2009. Estimación del Potencial Energético de los Efluentes Industriales. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 13, 187-194. ISSN 0329-5184.
- Geankoplis, C. J. 1998. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. Prentice Hall, Inc. 3° edición.
- Goldstein R. 2006. Update: the State of US Landfill Gas Utilization Projects. <http://www.energyvortex.com/files/landfillgasupdate11-06.pdf>.
- González G. L. 2010. Residuos Sólidos Urbanos Argentina. Tratamiento y Disposición Final. Situación actual y alternativas futuras. Cámara Argentina de la Construcción. Área de Pensamiento Estratégico. Diciembre 2010.
- Hanoi's People Committee, 2003. Hanoi Urban Environment Company.IWSA, no date. Available at: <http://www.wte.org>
- IPCC 2006, 2006 IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendía L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- Jackson, C., 2006. Britian's Waste: The Lessons We Can Learn from Europe, Conservatives in the European Parliament, London, United Kingdom.
- Kiser, J.V.L., 2003. Recycling and Waste-to-Energy: The Ongoing Compatibility Success Story, MSW Management. Available at: <http://www.mswmanagement.com/may-june-2003/recycling-and-waste.aspx>
- Leal, J. 2005. Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias. Medio ambiente y Desarrollo. Serie 105. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. CEPAL. Santiago de Chile:
- Lettinga G., Velsen van A.F.M., Hobma S.W., Zeeuw, de W. y Klapwijk A. 1980. Use o the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment. Biotechnology and Bioengineering, 22, 699-734.
- Malkow, T. 2004. Novel and Innovative Pyrolysis and Gasification Technologies for Efficient and Environmentally Sound MSW Disposal. Waste Management vol. 24 p. 53-79.
- McKendry P. 2002. Energy production from biomass (part 3): gasification technologies. Bioresource Technology 83, 55–63.
- Murphy J. D., McKeogh E., 2004. Technical, economic and environmental analysis of energy production from municipal solid waste. Renewable Energy 29 (2004) 1043–1057.
- Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal Thomas Malkow\*Waste Management 24 (2004) 53–79.
- Pordomingo A. "Gestión Ambiental en Feedlots. Guía de Buenas Prácticas", INTA Anguil, La Pampa Argentina. 2003.
- PSU, 2010. Penn State University Biogas and anaerobic digestion website. Image retrieved 26th of October from: <http://www.biogas.psu.edu/coveredlagoon.html>

- Roe, S., Reisman, J., Strait R.y Dorren M. E.H. 1998. Emerging Technologies for the management and utilization of landfill. EPA-600/R-98-021.
- Row J.; Kotelko M.; Li X. 2005. Integrated Manure Utilization System (IMUS) - Life-Cycle Value Assessment (LCVA). The Institute Pembina, Alberta, Canadá. 2005.
- Rubio Martín A. 2003. Estudio Técnico de una Central Eléctrica de Incineración de Residuos Sólidos Urbanos. Escuela Técnica Superior Ingeniería. Universitat Rovira I. Virgili. 155 pág.
- Salusso, M.E. 2008. Regulación ambiental: los bosques nativos. Una visión económica. Universidad de Belgrano, Buenos Aires. Texto completo en [www.eumed.net/libros/2009b/551/](http://www.eumed.net/libros/2009b/551/)
- Santalla, E., Córdoba, V., Crozza, D. 2008. Estudio de Performance Ambiental, Contrato entre la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires UNCPBA y el Banco Mundial (Contrato N° 7145486). Evaluación, diagnóstico y propuestas de acción para la mejora de las problemáticas ambientales y mitigación de gases de efecto invernadero vinculadas a la producción porcina, bovina (feedlots y tambos) y avícola. 209 pág. Informe para el Banco Mundial BIRF a través del Fondo Argentino de Carbono. Contrato UNCPBA – Banco Mundial N° 7145486 <http://www.ambiente.gov.ar/?Idarticulo=6878>. 2008.
- Santalla, E., Córdoba V., Blanco G. 2009. Technical Assistance and Outreach to Promote Beneficial Use of Landfill Gas in Argentina. For SCS Engineers [www.scsengineers.com](http://www.scsengineers.com). Service Order Contract 02-10694.
- SAyDS. 2010. Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible. 5ta ed. [http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/Indicadores/file/publicaciones/2010\\_indicadores.pdf](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/Indicadores/file/publicaciones/2010_indicadores.pdf)
- Schönning, M., 2006. Integrated Waste Management in Sweden, Toronto Star.
- SenterNovem, 2009. Afvalverwerking in Nederland: Gegevens 2008, Werkgroep Afvalregistratie.
- Stengler, E., 2006. The Efficiency Question: The X factor for waste-to-energy in Europe, Waste Management World, Thermal Treatment and WTE Special.
- Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S. 1994. Gestión integral de Residuos Sólidos. Mc Graw Hill.
- USEPA, no date. International Activities – Landfill Methane Outreach Programme. Available at: <http://www.epa.gov/lmop/international.htm>
- USEPA. 2006. LFG Energy Project Development Handbook <http://www.epa.gov/lmop/publications-tool/handbook.html>
- Wheeler, P. 2006. Future Conditional: The role of MBT in recovering energy from waste, Waste Management World, Thermal Treatment and WTE Special.
- Wright P. 2004. Manure Treatment. Department of Biological and Environmental Engineering Cornell University Scott Inglis, Research Associate. 2004.

## 9. IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS

### 9.1. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de GRS

A continuación se resumen las barreras identificadas para la implementación de la tecnología de aprovechamiento energético de GRS en Argentina, listadas en orden decreciente de jerarquía según el análisis de la situación local desarrollado en la sección anterior.

#### 9.1.1. Barreras legales, regulatorias, de políticas

- a) Insuficiente marco legal y regulatorio
  - i. Ausencia de leyes sobre tecnologías climáticas
  - ii. Procedimientos complejos (permisos para la generación de energía)
  - iii. Ausencia de fe por parte del gobierno en las tecnologías climáticas
  - iv. Insuficiente voluntad para hacer cumplir leyes y regulaciones
- b) Sector energético fuertemente controlado
  - i. Monopolios en el sector
  - ii. Restricciones para el sector privado (productores independientes de energía)
- c) Fallas de las redes
  - i. Partes interesadas dispersadas o poco organizadas
  - ii. Insuficiente coordinación entre ministerios/secretarías y partes interesadas
  - iii. Dificultad de acceso a fabricantes externos

El marco legal e institucional descrito en los primeros puntos de la Sección I muestra claramente cómo ha avanzado y hacia dónde, la política sobre el manejo de los RSU en Argentina. La mayoría de las políticas y los programas implementados hasta el presente incluidas las acciones concretas como las licitaciones adjudicadas, han focalizado su acción en alcanzar el cierre de los BCA, priorizando la construcción de centros de disposición final regionales, plantas de tratamiento, estaciones de transferencia y la construcción de rellenos sanitarios o la ampliación de los existentes. Salvo la recuperación de materiales y el compostaje, no se mencionan en todos estos programas, tecnologías para el aprovechamiento energético de los RSU. Con respecto al biogás, sólo en el Anexo C de la ENGIRSU se lo menciona en el marco del potencial de desarrollo de proyectos bajo del MDL que ofrece Argentina aunque dadas las características de los BCA se indica que debería analizarse para cada caso particular, la posibilidad de captar el biogás.

Desde el punto de vista energético, la generación de energía eléctrica para inyectar a la red nacional de Argentina es una alternativa a analizar con previsión por el potencial generador, ya que son muchas las regulaciones que se deben cumplir ya sea a través de requerimientos específicos para el servicio como por la documentación vinculada a la tecnología, inversión y

procedimientos de monitoreo que deben cumplir los operadores del MEM<sup>106</sup>. Además de este contexto, se debe evaluar el sistema de contratos/concesiones de los servicios de tratamiento y disposición final de RSU con vistas a la generación de electricidad. En este caso son favorables los contratos a largo plazo con requisitos técnicos y legales que deben cumplir los operadores de rellenos sanitarios que favorezcan la generación y captura de biogás, el adecuado manejo de los líquidos lixiviados y la instalación de sistemas de tratamiento de biogás que aseguran la provisión de un caudal constante durante el plazo del contrato de provisión de energía eléctrica.

En relación a la realidad institucional, considerando el escenario local donde más de la mitad de los residuos son dispuestos en condiciones con mínimo control sanitario, se identifican las siguientes barreras institucionales a la implementación de la tecnología de captura de GRS para uso energético, muchas de las cuales coinciden con las enunciadas en la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de RSU<sup>107</sup>:

- La mayoría de los programas implementados a nivel oficial se orientan a establecer políticas y estrategias para la reducción y valorización de los RSU, a mejorar el mercado de materiales recuperados y sólo menciona la tecnología de compostaje para el tratamiento de los RSU sin incluir ninguna otra vinculada a la generación de energía
- diferente nivel de conocimiento en materia de RSU en las distintas jurisdicciones, como así también de los procesos de planificación para la implementación de un adecuado manejo de los residuos, que tampoco incluyen en sus planes tecnologías de aprovechamiento energético
- falta de capacitación y jerarquía de los funcionarios públicos que trabajan en la materia para desarrollar un ámbito de discusión de las mejores tecnologías disponibles para el aprovechamiento energético de los RSU
- ausencia de incentivos fiscales y políticas que promuevan el uso energético de los residuos. Al respecto cabe destacar que algunas normativas a nivel provincial exigen para la captura de GRS mayor nivel de cumplimiento que la disposición final de RSU con escaso o nulo nivel de control<sup>108</sup>.
- ausencia de Registros de Tecnologías que deberían ofrecerse desde las agencias del estado nacional y provincial brindando un marco facilitador para la toma de decisiones en las diferentes jurisdicciones (provinciales, municipales)
- ausencia de políticas en línea con el saneamiento y la sustentabilidad en materia de RSU
- falta de inversión en infraestructura de tratamiento y disposición final de RSU
- el crecimiento de la población y su tendencia a concentrarse en los centros urbanos,
- desde el punto de vista legal, tal como enuncia el ENGIRSU, existe gran diversidad de normas en materia ambiental, tanto a nivel nacional, como provincial y municipal, las que en muchos casos se superponen en su aplicación y en el objeto regulado. Se da la contradicción que, según la normativa vigente, la captura de GRS se ve perjudicada con respecto a la disposición final de RSU en BCA ya que deben cumplir con los

---

<sup>106</sup> Mercado eléctrico mayorista

<sup>107</sup> ENGIRSU (2005). SAyDS [www.ambiente.gov.ar](http://www.ambiente.gov.ar)

<sup>108</sup> Tal es el caso de la provincia de Buenos Aires, donde aquellos municipios que cuentan con relleno sanitario, deben habilitarlo, registrarlo a través de la Autoridad de Aplicación que es el Organismo Provincial para un Desarrollo Sostenible (OPDS) y someterse a controles anuales mientras que los municipios que sólo cuentan con BCA no tienen este tipo de controles. Tampoco hay resoluciones legales específicas para el control al cual se deberían someter las plantas de captura de biogás instaladas en rellenos sanitarios.



requisitos de registro del relleno sanitario y el cumplimiento de la descarga de emisiones en el caso de quemar el GRS<sup>109</sup>

- se observa relativo cumplimiento de la normativa vigente, según ENGIRSU (2005).

#### **9.1.2. Barreras institucionales y de capacidad organizativa**

- a) Necesidad de agencias especializadas a nivel de planificación y operación
- b) Compañías locales de escala pequeña (habilidad limitada para absorber nuevas tecnologías)
- c) Falta de instituciones profesionales o mecanismos de difusión de la información

La ausencia de estadísticas suficientes y fiables en materia de generación de RSU, datos de composición de RSU, cuantificación de las fracciones valorizables, entre otros, dificulta el diseño e implementación de planes, programas y metas de gestión. Por otro lado, las empresas tradicionalmente abocadas al transporte y disposición final de RSU no están preparadas para la gestión y producción de energía, lo que de por sí constituye un proceso largo y complejo desde el punto de vista técnico e institucional.

#### **9.1.3. Barreras sociales, culturales**

- a) Falta de aceptación social a algunas tecnologías climáticas
- b) Resistencia al cambio por razones culturales
- c) Necesidad de los usuarios de modificar hábitos
- d) Poblaciones dispersas o distribuidas ampliamente
- e) Falta de involucramiento de las partes interesadas

Según se ha declarado en el ENGIRSU (2005), la población en general no presenta una cultura de interés en el destino de los residuos, la mayor preocupación es la necesidad de contar con un servicio de recolección de los mismos. Una vez que fueron retirados de la vista de los generadores, para muchos ya está resuelto el problema. No hay interés en efectuar una reducción importante en la generación, como base para un manejo sustentable, para lograr la preservación de los recursos naturales y tampoco interés en los mecanismos de disposición final, salvo que ellos representen una amenaza para la salud en los casos de poblaciones circundantes.

Durante los últimos años, además, ha sido muy fuerte la actividad de las ONG que promueven la recuperación y el reciclado de materiales con una fuerte resistencia a la construcción de rellenos sanitarios. Numerosos son los casos que se han dado a lo largo de todo el país, tanto en el área metropolitana, en provincia de Buenos Aires e incluso en capitales de provincia como Paraná<sup>110</sup> que han impedido una adecuada disposición final de los RSU.

#### **9.1.4. Barreras relacionadas a la concientización y difusión de la información**

- a) Pobre diseminación de la información sobre la tecnología (beneficios, costos, financiamiento, desarrollo de cadena de proveedores y desarrolladores de proyectos)

---

<sup>109</sup> Tal es el caso de la legislación en la provincia de Buenos Aires donde los municipios deben cumplir con el Registro de los rellenos sanitarios ante OPDS como Autoridad de Aplicación, renovable cada 2 años, y en el caso de quemar el GRS deben cumplir con el Permiso de Descarga de Efluentes Gaseosos según la Ley 5965/58 y su decreto reglamentario 3395/96.

<sup>110</sup> Recién en Mayo de 2011 se promulgó la Ordenanza 8954 por la que se aprueba el programa de Gestión Integral de RSU de la ciudad de Paraná.

- b) Escasa infraestructura para el apoyo de proyectos de pequeña escala
- c) Falta de agencias equipadas para proveer información
- d) Incertidumbre sobre las nuevas tecnologías
- e) Altos riesgos de inversión
- f) Incertidumbre sobre los beneficios
- g) Ausencia de interés de los medios en la promoción de tecnologías
- h) Falta de concientización sobre aspectos relacionados al cambio climático y las soluciones tecnológicas

A pesar de la percepción oficial con respecto a la actitud de la población, existe ausencia tanto de información estadística confiable vinculada a la gestión de RSU como difusión sobre las tecnologías disponibles para su aprovechamiento energético. La imposibilidad de poner a disposición este tipo de información a la ciudadanía constituye una barrera que impide la discusión y la búsqueda de un consenso racional con respecto a la gestión y aprovechamiento energético de los RSU.

Una barrera técnica pero que tiene una fuerte componente social es la imposibilidad de disponer de tierras para la construcción de rellenos sanitarios, principalmente debido a la resistencia de la población y a la fuerte acción de las ONGs que promueven otros sistemas de gestión de RSU basados fundamentalmente en programas de recuperación y reciclaje. Al respecto cabe mencionar un estudio desarrollado por la UNCPBA en el año 2002 y verificado a partir del relevamiento de varias plantas de recuperación de materiales no sólo de Argentina sino también de otros países latinoamericanos como México y Brasil<sup>111</sup>, que ha demostrado a través de balances de materiales que la recuperación de las fracciones contenidas en los RSU sin separación en origen tiene un rendimiento que no supera en el mejor de los casos el 10%. Estos números indican que el gran porcentaje de rechazo obliga a disponer de un sitio seguro de disposición final del mismo. Conocido es el problema que desde hace varios años mantiene la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), como responsable de la gestión ambiental de los RSU del Área Metropolitana en la búsqueda de nuevos sitios de disposición final de RSU dado el agotamiento del actual predio de disposición final de Norte III, ubicado en el camino del Buen Ayre. Similares situaciones, en algunos casos con recursos de amparo en la justicia, se han dado en diversas ciudades de la provincia de Buenos Aires como Mar del Plata y Tandil<sup>112</sup>.

Otra barrera técnica que tiene cierto componente institucional es la ausencia de programas de fortalecimiento de las capacidades para la gestión de RSU en rellenos sanitarios. Cuando el objetivo es generar electricidad a partir del biogás recuperado, resulta indispensable establecer protocolos específicos de operación de los rellenos sanitarios que optimicen la producción de biogás, sin dejar de considerar una característica adicional que es el hecho de que las empresas que habitualmente están a cargo de las concesiones del tratamiento y disposición final de residuos tienen un perfil muy diferente de las empresas productoras de energía, en cuanto a capacidad técnica, operativa y de inversión. Esta realidad debe ser considerada por la Autoridad de Aplicación al momento de confeccionar los pliegos de licitación de los rellenos sanitarios con fines de generación de energía, propiciando formas asociativas tipo UTE, con contratos flexibles y a largo plazo.

---

<sup>111</sup> Alternativas para una Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en Olavarría. Editor: Facultad de Ingeniería UNCPBA. [www.biblio.unicen.edu.ar](http://www.biblio.unicen.edu.ar). Referencia: 628.445 B638. Ej. 1. Autores: Blanco G., Santalla E. Páginas: 175. 2002.

<sup>112</sup> <http://www.sierrasdetandil.org.ar/residuos/articulos/poruntandil2.html>

### 9.1.5. Barreras técnicas

- a) Escasas facilidades para la O&M
  - i. Falta de personal calificado
  - ii. Capacidad limitada para la provisión de repuestos
- b) Inadecuada estandarización y certificación
  - i. Falta de facilidades para el testeo y certificación
- c) Competencia técnica desigual
  - i. Falta de escala y experiencia
- d) Limitaciones del sistema
  - i. Capacidad limitada de la red (intermitencia, RET Renewable Energy Target scheme)
- e) Complejidad de la nueva tecnología/insuficiente experiencia

Hasta el año 2011, la mayoría de los proyectos de captura de GRS se ha desarrollado con ingeniería y tecnologías foráneas. Sólo un proyecto de pequeña escala ha sido implementado con recursos totalmente locales. No existen restricciones al acceso de la tecnología y la mayoría de los componentes de los sistemas de captura están disponibles a nivel comercial en Argentina (bombas, condensadores, antorchas); el instrumental de medición para el control del proceso puede ser una barrera pero en general los proveedores tienen representantes técnicos en el país con lo que se garantiza su instalación, y servicio post-venta (calibración, provisión de repuestos).

Con respecto a la tecnología para la producción de energía térmica a partir de GRS, esta alternativa utiliza una tecnología convencional que está disponible comercialmente y la adaptación de los sistemas convencionales para el uso de GRS no es una barrera técnica pues ya existen proyectos operativos que han demostrado su implementación como combustible para calderas y en distintos tipos de hornos. Con respecto al uso directo, existen restricciones de distancias ya que no se aconsejan líneas de transporte de GRS cuando el usuario se encuentra a más de 5 km del relleno sanitario. Un estudio previo ha evaluado la factibilidad técnica de utilización de GRS como fuente de energía térmica para emprendimientos que requieren tecnología sencilla como invernaderos, fábrica de ladrillos, secaderos, hornos pirolíticos y ha demostrado la importancia de evaluar la factibilidad técnico-económica y el entorno social del potencial emprendimiento en base al uso del GRS<sup>113</sup>.

El uso de GRS para la producción de electricidad requiere de tecnologías para el pre-tratamiento, algunas de las cuales se encuentran disponibles comercialmente, al igual que los equipos, aunque la mayoría de los proveedores pertenecen a firmas extranjeras. Algunas tecnologías para el enriquecimiento energético del GRS como sistemas de membranas o PSA están disponibles comercialmente y se utilizan para la purificación del gas natural pero no para GRS, lo que requiere de algunas etapas piloto para su inserción en el mercado local. El desarrollo de capacidades locales para la provisión de equipos vinculados a la producción de electricidad y a la purificación de GRS es una barrera a superar, la que a su vez está condicionada a la escala y al número de proyectos en condiciones de avanzar hacia el uso energético del GRS, al precio de comercialización de la energía como así también a cuestiones institucionales vinculadas a la firma de contratos de provisión de la energía a largo plazo y legales, relacionadas con la normativa vigente.

---

<sup>113</sup> Mackey C. 2010. Tesis de Grado, Licenciatura en Diagnóstico y Gestión Ambiental. Facultad de Ciencias Humanas, UNCPBA.

#### 9.1.6. Barreras del mercado

- a) Débil infraestructura de mercado
  - i. Demanda débilmente articulada
  - ii. Falta de liberalización del sector energético
- b) Competencia subdesarrollada
  - i. Insuficiente número de competidores (el mercado no es un incentivo para la inversión)
- c) Acceso restringido a la tecnología
  - i. El desarrollador de la tecnología no está dispuesto a transferir la tecnología
  - ii. El tamaño del mercado es pequeño
  - iii. Escasa o nula disposición a pagar por parte de los consumidores
- d) Falta de proyectos de referencia en el país

#### 9.1.7. Barreras económicas y financieras

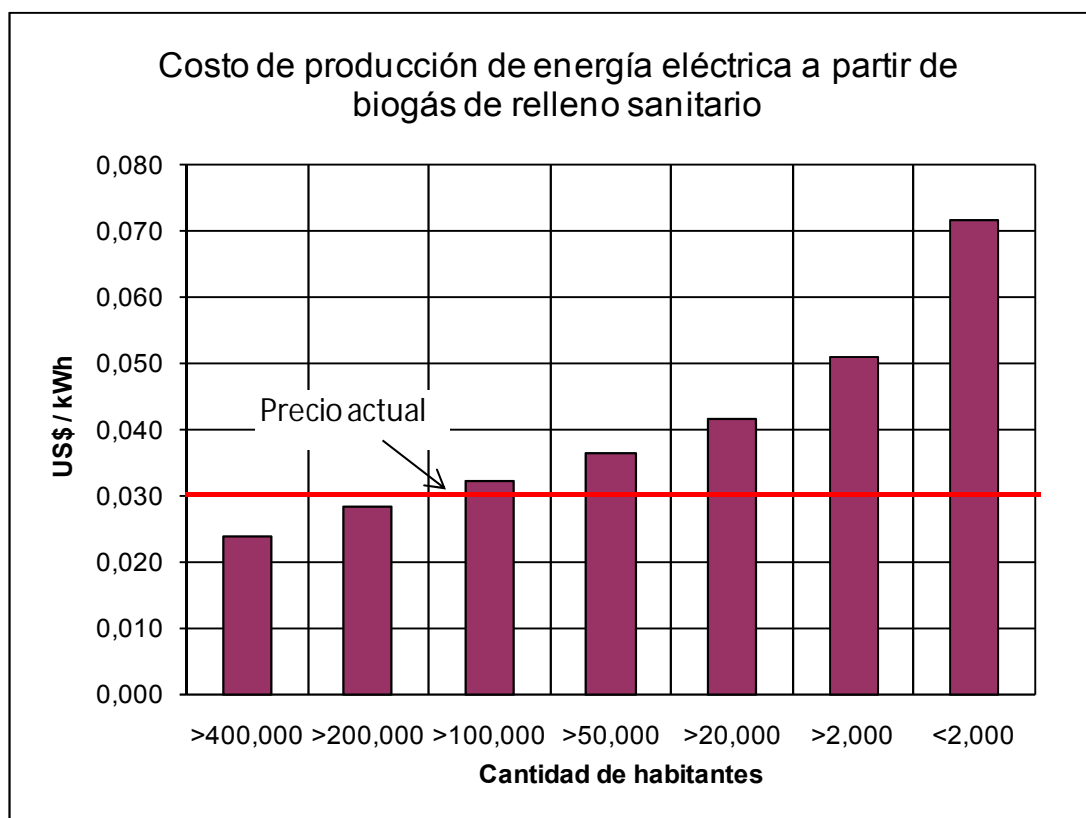
- a) Falta o inadecuado acceso a recursos financieros
  - i. Falta de instrumentos financieros e instituciones
  - ii. Falta de capital de riesgo
- b) Alto costo de capital
  - i. Escasez de capital barato (altas tasas de interés debido a percepción de alto riesgo por parte de instituciones financieras)
  - ii. Políticas gubernamentales sobre el costo de capital
- c) Ausencia de financiamiento
  - i. Altos costos de capital anticipado
  - ii. Altos costos de recursos (mano de obra, material, capital)
  - iii. Altos costos de implementación
  - iv. Altas tasas de descuento (suelen serlo para tecnologías ambientales debido a la percepción de alto riesgo e incertidumbre)
  - v. El criterio de amortización limita los beneficios económicos globales del proyecto
  - vi. Baja asequibilidad entre los habitantes de zonas rurales y peri-urbanas
- d) Altos costos de transacción
  - i. Adquisición de tecnología e implementación
  - ii. Burocracia, procedimientos y demoras
  - iii. Subestimación de costos en el análisis económico
- e) Inapropiados incentivos fiscales y desincentivos
  - i. Tratamiento favorable para las energías convencionales y proyectos de gran escala
  - iv. Falta de consideración de externalidades negativas de las energías convencionales que no se consideran en el precio
  - v. Tasas sobre las tecnologías climáticas (altos costos de importación de equipos)
  - vi. Los consumidores pagan por debajo del costo marginal

Estudios previos desarrollados para evaluar la factibilidad de la producción de electricidad a partir de GRS en Argentina (Blanco y Santalla, 2009; 2010) demostraron que en el escenario de Argentina los proyectos no resultan económicamente viables para ciudades con menos de 100.000 habitantes (*Figura 4.23.*). Ante este escenario, el quemado del metano con la finalidad de obtener certificados de reducción de emisiones bajo el MDL ha sido la actividad

predominante para proyectos de tamaño menores a 200.000 t anuales de RSU (Figura 76). Para las ciudades intermedias y grandes, la ecuación económica se vería beneficiada si se implementan programas nacionales que promuevan la implementación y creación de capacidades para mejorar la construcción y operación de rellenos sanitarios que faciliten el progreso de acciones tendientes al uso energético del GRS.

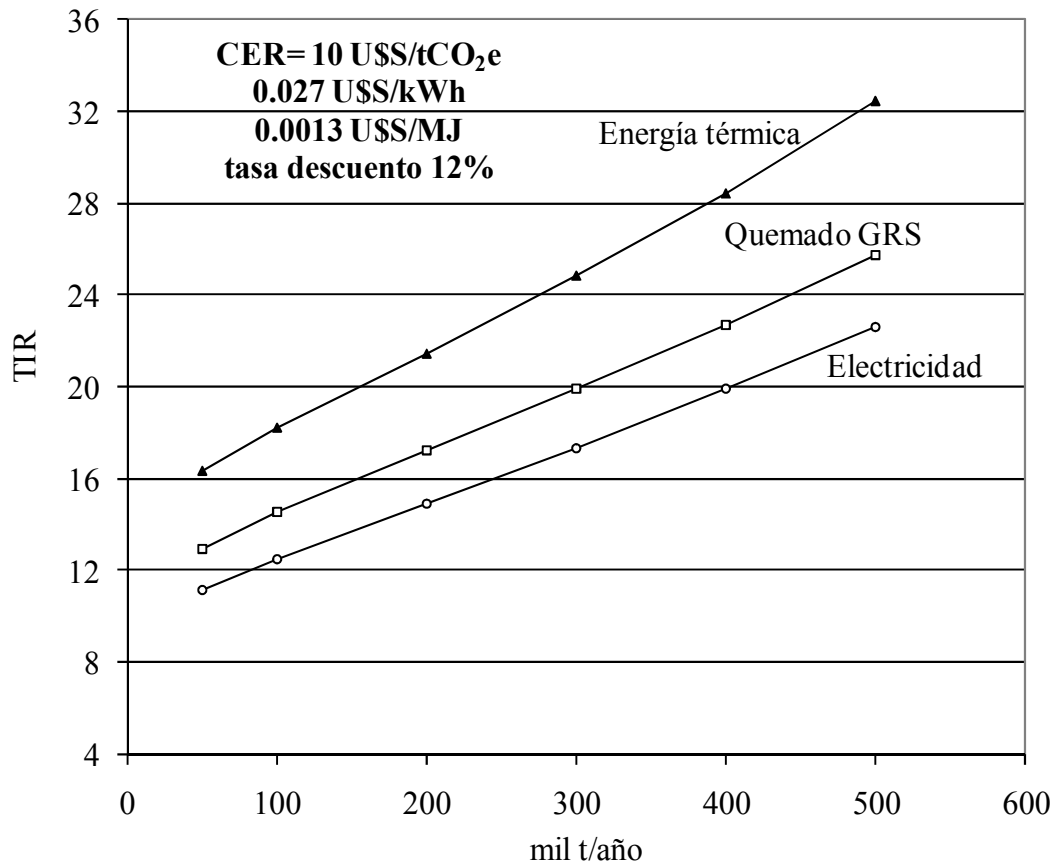
Con respecto a la utilización del GRS como fuente de energía térmica, la rentabilidad para proyectos de pequeña escala (por debajo de 100.000 t anuales de RSU) requeriría de un valor del gas natural hasta tres veces superior del que tenía al año 2009 (0.0005 U\$/MJ). La factibilidad mejora sustancialmente para las regiones donde no se tiene acceso a la red de gas natural. Otro estudio desarrollado con la finalidad de evaluar los potenciales usos del GRS (Santalla y colab., 2009) indicaron valores para la electricidad producida que variaron entre 34 y 56 U\$/MWh para escalas de producción de GRS entre 350 y 2800 m<sup>3</sup>/h.

**Figura 4.23. Variación del costo de producción de electricidad a partir de GRS para diferentes tamaños de proyectos**



Fuente: Blanco, Santalla (2010)

**Figura 4.24. Comparación de diferentes usos de GRS a valores de la energía en el mercado energético mayorista de Argentina actualizados al año 2012.**



Fuente: actualizado de Santalla, Blanco (2009).

El marco del programa GENREN permite visualizar un horizonte más atractivo para proyectos de escala media y grande con ejecución de contratos a largo plazo que contribuirían a mejorar la factibilidad económica del uso de GRS para la producción de electricidad.

## 9.2. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de la combustión de RSU

A continuación se resumen las barreras identificadas para la implementación de la tecnología de producción de energía a partir de la combustión de RSU.

### 9.2.1. Barreras legales, regulatorias, de políticas

- a) Insuficiente marco legal y regulatorio
  - i. Ausencia de leyes sobre tecnologías climáticas
  - ii. Procedimientos complejos (permisos para la generación de energía)
  - iii. Ausencia de fe por parte del gobierno en las tecnologías climáticas
  - iv. Insuficiente voluntad para hacer cumplir leyes y regulaciones

- b) Sector energético fuertemente controlado
  - i. Monopolios en el sector
  - ii. Restricciones para el sector privado (productores independientes de energía)
  
- c) Fallas de las redes
  - i. Partes interesadas dispersadas o poco organizadas
  - ii. Insuficiente coordinación entre ministerios/secretarías y partes interesadas
  - iii. Insuficiente cooperación industria- instituciones I&D
  - iv. Dificultad de acceso a fabricantes externos
  - v. Oposición fuerte

El relativo cumplimiento de la normativa vigente identificado en el marco del ENGIRSU (/2005) y la debilidad del aparato regulador son barreras institucionales que ponen en riesgo la implementación de esta tecnología ya que no se puede asegurar el cumplimiento de los controles para preservar la salud de la población y la calidad del aire ambiente cercano a las plantas de incineración<sup>114</sup>. Europa ha establecido directivas específicas para el control de emisiones gaseosas de las incineradoras, particularmente en lo referido al control de dioxinas y furanos y como resultado de esto se han reducido sensiblemente los niveles emitidos<sup>115</sup>. A pesar de estas mejoras, aún persiste la percepción de que las incineradoras de RSU son obsoletas y contaminantes.

En noviembre de 2005, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires adoptó un nuevo sistema de gestión de RSU bajo el principio de "Basura Cero", plasmado en la Ley 1.854, aprobada por unanimidad por la Legislatura porteña. Esta ley de Gestión Integral RSU establece un conjunto de acciones interdependientes y complementarias a través de las cuales la Ciudad debe asegurar la puesta en marcha de un sistema que comprende la administración de la generación, la disposición inicial selectiva, la recolección diferenciada, el transporte, el tratamiento y transferencia, el manejo y aprovechamiento de los RSU, con el objeto de garantizar la reducción progresiva de la disposición final de los mismos, a través del reciclado, la recuperación, la minimización de la generación y la prohibición de la combustión de residuos.

Otras acciones semejantes que han promovido la promulgación de ordenanzas que prohíben expresamente la incineración de RSU se han dado en varias ciudades del interior del país como Santa Fe<sup>116</sup>.

---

<sup>114</sup> La Resolución 242/97 complementaria del Decreto 3395/96 reglamentario de la Ley 5965/58 de Efluentes Gaseosos en la Provincia de Buenos Aires involucra a *Tratadores y centros de disposición final de residuos domiciliarios y con características similares que generen efluentes gaseosos* y permite incorporar sustancias nuevas consideradas contaminantes.

<sup>115</sup> Como resultado, en 2005, las emisiones de dioxinas a partir de las 66 plantas de incineración de residuos en funcionamiento en Alemania se redujeron de 400 gramos a menos de 0,5 gramos, como resultado de la instalación obligatoria de las unidades de filtro. En Suecia, hace quince años, dieciocho plantas de incineración de residuos emitían un total de unos 100 gramos de dioxinas al año. Hoy en día, el número de operaciones de incineración de residuos ha aumentado a 29, pero en conjunto emiten 0,7 gramos, considerando que estas plantas producen más del doble de la energía generada en el año 1985.

<sup>116</sup> Declaración de la Coalición Ciudadana Antilincineración sobre la gestión de residuos sólidos urbanos. Diciembre 2005.

En el ámbito de la provincia de Buenos Aires, la ley 13.592 (2006) de Gestión Integral de RSU habilita en el Artículo 12 a la instalación de Polos Ambientales en los cuales deberá aplicarse "...la mejor y más segura tecnología para el tratamiento de los RSU"<sup>117</sup>.

### 9.2.2. Barreras sociales, culturales

- a) Falta de aceptación social a algunas tecnologías climáticas
- b) Resistencia al cambio por razones culturales
- c) Necesidad de los usuarios de modificar hábitos
- d) Poblaciones dispersas o distribuidas ampliamente
- e) Falta de involucramiento de las partes interesadas

La no aceptación social de las instalaciones de incineración de RSU con fines energéticos ha demostrado ser un gran obstáculo en el desarrollo de esta tecnología, en particular por el miedo de la contaminación ambiental y al relativo cumplimiento de la normativa vigente.

Existe una fuerte oposición social a la incineración de RSU a partir de las ONGs que plantean que la generación de energía a partir de RSU no se puede considerar renovable, dado que todos los materiales que conforman los RSU provienen de recursos agotables, no renovables, o frágiles y consideran que los residuos de la propia incineración directa o indirecta de RSU son altamente peligrosos, ya sea de los filtros de emisiones volátiles, de las cenizas de fondo o de la escoria, es donde se concentran los tóxicos como metales pesados, dioxinas y furanos donde su captación no llega a ser efectiva y es a costos muy elevados.<sup>118</sup>

En Octubre de 2011 el INTI<sup>119</sup> presentó una propuesta de producción de energía eléctrica a partir de RSU a partir del desarrollo de un prototipo industrial que se instalará en San Martín, Mendoza. Básicamente, se trata de una planta de incineración de basura de pequeña escala, con un sistema de ciclo combinado de gas y vapor que genera electricidad. Esta acción provocó el rechazo de la iniciativa por parte de la Coalición Ciudadana Anti-incineración de Argentina y GAIA<sup>120</sup> la cual envió una carta al Instituto para expresar "...su preocupación acerca de los planes institucionales orientados a promover la "valorización energética" de residuos sólidos urbanos (VERSU)". Esta ONG ha intervenido activamente en varias ciudades de la provincia de Santa Fe donde a nivel político existieron intentos de instalar incineradoras de RSU, los cuales no fueron concretados<sup>121</sup>.

---

<sup>117</sup> "... en aquellos casos de jurisdicciones y/o ámbitos regionales, como el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), que no puedan dar cumplimiento con lo establecido en la presente respecto a la localización de los sitios de disposición final, sea porque no se garantizan condiciones técnico-ambientales adecuadas, ausencia de espacios aptos disponibles u otra razón que la autoridad de aplicación considere al respecto, la Provincia de Buenos Aires conformará sitios para la instalación de polos ambientales provinciales (PAP) afectados a tal fin, de acuerdo a las pautas establecidas en el artículo 20 de la Ley Nacional N° 25.916, donde deberá aplicarse la mejor y más segura tecnología. Las localizaciones de los sitios para el emplazamiento de los polos ambientales provinciales (PAP) referidos en el párrafo anterior, serán establecidas por el Poder Ejecutivo, con arreglo a las disposiciones de la presente Ley. El Municipio participará en el control de gestión".

<sup>118</sup> Souza Casadinho J. Las cenizas producidas en el proceso de incineración. Algunas respuestas a las preguntas más frecuentes. CETAAR. Nov 2009. Marcos Paz. Bs As.

<sup>119</sup> Instituto Nacional de Tecnología Industrial [www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar)

<sup>120</sup> Global Alliance for Incinerator Alternatives, Global Anti-Incinerator Alliance

<sup>121</sup> [http://www.taller.org.ar/menu/archivos/Antecedentes\\_Incineracion.pdf](http://www.taller.org.ar/menu/archivos/Antecedentes_Incineracion.pdf)



### 9.2.3. Barreras económicas y financieras

- a) Falta o inadecuado acceso a recursos financieros
  - i. Falta de instrumentos financieros e instituciones
  - ii. Mercado de capital poco desarrollado o distorsionado
  - iii. Falta de capital de riesgo
- b) Alto costo de capital
  - i. Escasez de capital barato (altas tasas de interés debido a percepción de alto riesgo por parte de instituciones financieras)
  - ii. Políticas gubernamentales sobre el costo de capital
- c) Ausencia de financiamiento
  - i. Altos costos de capital anticipado
  - ii. Altos costos de recursos (mano de obra, material, capital)
  - iii. Altos costos de implementación
  - iv. Altas tasas de descuento (suelen serlo para tecnologías ambientales debido a la percepción de alto riesgo e incertidumbre)
  - v. El criterio de amortización limita los beneficios económicos globales del proyecto
  - vi. Baja asequibilidad entre los habitantes de zonas rurales y peri-urbanas
- d) Altos costos de transacción
  - i. Adquisición de tecnología e implementación
  - ii. Burocracia, procedimientos y demoras
  - iii. Subestimación de costos en el análisis económico
- e) Incertidumbre del entorno macroeconómico
  - i. Tasa de inflación volátil

La incineración es una técnica extremadamente costosa que requiere de grandes inversiones de capital y genera poco empleo. La construcción de una planta incineradora de residuos implica una importante inversión, semejante al de una planta térmica de producción de energía eléctrica, pues sólo difiere en que el combustible son los RSU, en masa o previamente elaborado (RDF). En este último caso se requiere además una mayor inversión pues implica un redimensionado térmico para la misma capacidad mecánica (Rubio Martín, 2003).

Una cuestión clave en el análisis económico de la producción de electricidad a partir de la combustión de RSU es la identificación de los ingresos de una planta de incineración. El principal ingreso que es la venta de electricidad depende del mercado eléctrico y de las condiciones de los contratos. No está contemplada en el marco actual del GENREN la posibilidad de proveer electricidad a la red nacional a partir de la combustión de RSU. Otra fuente potencial de ingreso sería el canon que los municipios proveedores de materia prima (RSU) deberán pagar por el tratamiento de los residuos.

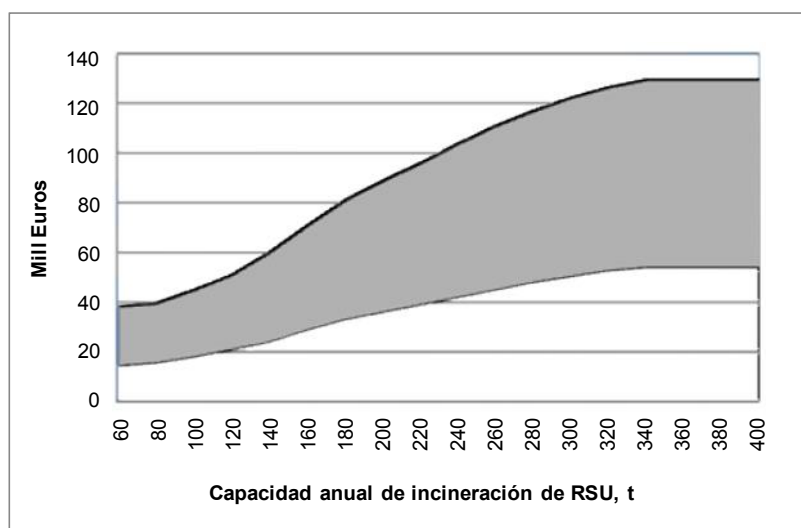
En algunos países existe un mercado, aunque marginal, para comercializar las escorias que son utilizadas para la construcción (infraestructura, relleno de carreteras). Algunas experiencias en España indican que la venta de energía sólo supone un beneficio que cubre los gastos anuales de operación y mantenimiento, lo que obliga a recurrir a ingresos adicionales que deben ser aportados mediante un canon a pagar por los usuarios (Rubio Martín, 2003).

El desarrollo de proyectos de combustión de RSU requiere una evaluación de la factibilidad técnico-económica y ambiental de las tecnologías de incineración y de gasificación. La ecuación económica para estas tecnologías con generación de energía eléctrica y/o térmica

depende principalmente del acceso a la tecnología, del valor de mercado de la energía y de las características de los RSU. Existen múltiples ejemplos que demuestran la diversidad de los costos de inversión de este tipo de proyectos. En Suecia por ejemplo, los costos de inversión de una planta que incinera 460 kt de RSU anuales para generar calor distrital y electricidad, alcanza USD 286 millones, a un costo de 620 U\$/t. La *Figura 4.25* muestra la variación de los costos de inversión en función de la capacidad anual de incineración.

Los ingresos anuales varían desde 36 a 70 millones de dólares, lo que permite una recuperación de la inversión inicial en un plazo de diez años (Schönning, 2006). Un estudio desarrollado en Irlanda por Murphy y McKeogh (2004) indica los costos de capital comparativos entre tecnologías de incineración y gasificación que varían entre 56 y 77 US\$/t RSU respectivamente.

**Figura 4.25. Curva de inversiones aproximadas para la instalación de una planta de incineración de RSU**



**Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Francesc Ruiz Álvarez. La Gestión de los Residuos Domésticos. Ingeniería de Valorización y Tratamiento de Residuos. Fundación Universitaria Iberoamericana. 2005.**

#### 9.2.4. Barreras técnicas

- a) Escasas facilidades para la O&M
  - i. Falta de personal calificado
  - ii. Capacidad limitada para la provisión de repuestos
- b) Inadecuada estandarización y certificación
  - i. Falta de facilidades para el testeo y certificación
- c) Riesgos técnicos
- d) Competencia técnica desigual
  - i. Falta de escala y experiencia
  - ii. Baja performance en términos relativos
- e) Limitaciones del sistema
  - i. Capacidad limitada de la red (intermitencia, RET Renewable Energy Target scheme)

f) Complejidad de la nueva tecnología/insuficiente experiencia

La ausencia de tecnologías de incineración de RSU con fines energéticos probadas comercialmente a nivel local es una barrera técnica importante. Si bien existen proveedores de equipos de incineración de RSU, la ausencia de proyectos demostrativos de la tecnología con fines energéticos es una barrera a vencer. Por otro lado, la mayoría de las incineradoras de residuos se han construido en los países desarrollados y el traslado de la tecnología genera inconvenientes como cualquier emprendimiento de ingeniería semejante, vinculados a:

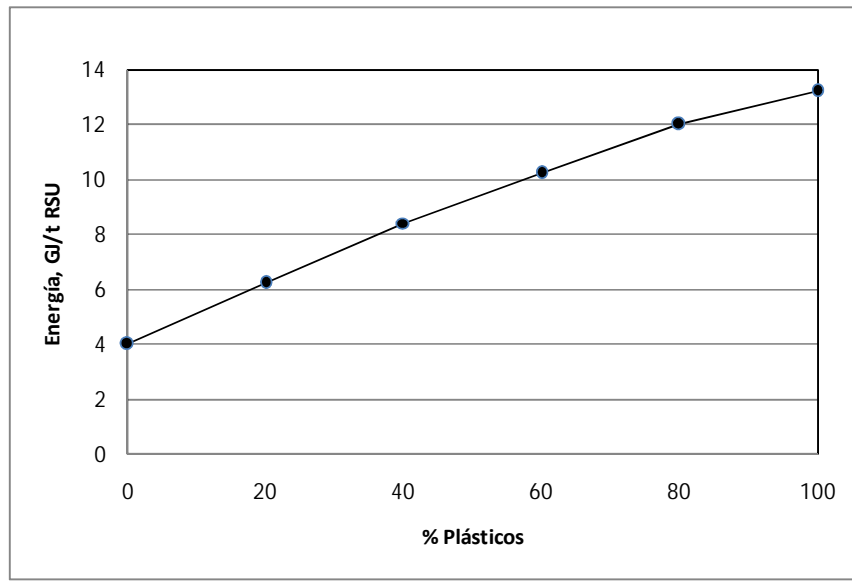
- la ausencia de monitoreos debido a la escasa capacidad de controlar regularmente las emisiones y las cenizas. De hecho, las reducciones de emisiones alcanzadas por los países industrializados han sido el resultado de una continua adaptación a partir de controles constantes.
- la falta de capacidad técnica para la medición de las emisiones: el alto costo del equipamiento y la capacitación de recursos para realizarlo es una barrera técnica que compromete el adecuado control del proceso de incineración requiriendo en algunos casos del envío de las muestras al exterior para la determinación de los niveles de concentración de algunos contaminantes de riesgo como POPs, dioxinas y furanos, entre otros.
- falta de rellenos seguros para la disposición final de las cenizas con el consiguiente riesgo de que sean arrojadas en sitios sin aislación con alto riesgo de contaminación de napas de agua y el posible interés por los metales u otros materiales que tengan algún valor comercial posterior con el consiguiente riesgo para la salud.
- características físicas y químicas de los residuos diferentes según los cuales fueron diseñadas las incineradoras. Los países en desarrollo generan RSU con menor poder calorífico que en los países desarrollados, lo que reduce la eficiencia del incinerador.

La factibilidad técnico-económica de una planta de incineración de RSU depende fundamentalmente de la valorización energética de los RSU utilizados como combustible y de la eficiencia de la planta.

Los RSU frescos generan, respecto de los previamente acondicionados, una menor cantidad de energía ya que además de ser mucho más heterogéneos, tienen mayor contenido de humedad, por lo tanto tienen un poder calorífico inferior sensiblemente bajo. Esto influye directamente en la eficiencia energética de la planta, considerando esta eficiencia como la relación entre la energía eléctrica producida y la energía del combustible.

Un caso específico de una incineradora de España donde se utilizan RSU en masa para la generación de electricidad indica que para un poder calorífico inferior de 1800 Kcal/kg se obtiene una eficiencia energética cercana al 19%. Esta situación sería similar a la que se tendría en Argentina, donde según ENGIRSU (2005) los RSU tienen un contenido de humedad superior al 50% y un porcentaje similar, aunque en seco, de materia orgánica. Otra cuestión son las fracciones de alto contenido energético como los plásticos, que en caso de existir programas de reciclado, son los primeros materiales que se separan, disminuyendo sensiblemente el poder calorífico de la masa de RSU (*Figura 4.26*).

Figura 4.26. Efecto del contenido de plásticos sobre el poder calorífico de los RSU.



Fuente: Murphy y McKeogh (2004).

#### 9.2.5. Otras barreras

- a) Impactos ambientales
  - i. Contaminación
  - ii. Aspectos ecológicos

Las emisiones de sustancias tóxicas a la atmósfera y la producción de cenizas y otros residuos, generan impactos potenciales en el medio ambiente y la salud que convierten a la incineración de RSU en una tecnología incierta con respecto a la mejora ambiental. Un balance de emisiones globales de la tecnología de combustión con producción de energía comparado con las emisiones convencionales del sistema de generación de energía a partir de combustibles fósiles resulta indispensable al momento de evaluar esta tecnología.

El relativo cumplimiento de la normativa vigente en general (ENGIRSU; 2005), el alto costo de las tecnologías de purificación de gases y la escasa disponibilidad de recursos y proveedores para el control de la contaminación constituye una barrera ambiental que pone en riesgo la implementación de tecnologías de incineración de RSU en Argentina.

### **9.3. Producción de electricidad y/o energía térmica a partir de la biodigestión anaeróbica de efluentes**

A continuación se describen las barreras identificadas para la generación de energía a partir de la tecnología de biodigestión anaeróbica.

#### **9.3.1. Barreras legales, regulatorias, de políticas**

- a) Insuficiente marco legal y regulatorio
  - i. Ausencia de leyes sobre tecnologías climáticas
    - ii. Procedimientos complejos (permisos para la generación de energía)
    - iii. Ausencia de fe por parte del gobierno en las tecnologías climáticas
    - iv. Insuficiente voluntad para hacer cumplir leyes y regulaciones
- b) Sector energético fuertemente controlado
  - i. Monopolios en el sector
  - ii. Restricciones para el sector privado (productores independientes de energía)
- c) Fallas de las redes
  - i. Partes interesadas dispersadas o poco organizadas
  - ii. Insuficiente coordinación entre ministerios/secretarías y partes interesadas
  - iii. Insuficiente cooperación industria- instituciones I&D
  - iv. Dificultad de acceso a fabricantes externos

El relativo cumplimiento de la normativa vigente, tal como lo enuncia el ENGIRSU (2005) constituye en este caso también una barrera institucional ya que al no existir penalidades por el incumplimiento de los límites de descarga permitidos a los cursos de agua (superficial o subterráneo), las acciones de mejora ambiental quedan reducidas a la voluntad de los actores responsables de las actividades productivas.

La Ley 29.063 Nacional de Biocombustibles (2006) establece un régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentable de biocombustibles entendiendo como tales al bioetanol, biodiesel y biogás que se produzcan a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos. Esta ley establece respecto al biocombustible gaseoso denominado biogás, que el mismo se utilizará en sistemas, líneas de transporte y distribución, de acuerdo a lo que establezca la autoridad de aplicación, y establece algunos beneficios promocionales relacionados al Impuesto al Valor Agregado y al Impuesto a las Ganancias. La misma ley establece que la Subsecretaría de Pequeña y Mediana Empresa promoverá la adquisición de bienes de capital por parte de las pequeñas y medianas empresas destinados a la producción de biocombustibles, elaborando programas específicos que contemplen el equilibrio regional. Salvo el GENREN, hay una ausencia de promoción por parte del Estado de la generación de energía para autoconsumo o la producción distribuida de energía, incluso este programa establece como límite inferior la producción mínima de 1 MW de energía lo que excluye de esta posibilidad a la mayoría de los proyectos pequeños y medianos de producción de bioenergía. Desde el punto de vista institucional se observa:

- la necesidad de uniformar criterios y la legislación regulatoria,
- la falta de visión compartida sobre el problema de residuos en los distintos sectores productivos

- la necesidad de generar incentivos para mejorar las prácticas de manejo que impactan sobre el medio ambiente comprometiendo a las cámaras de productores a tomar acciones corporativas que favorezcan la competitividad en el marco de una producción sostenible
- identificar alternativas de financiamiento a nivel local, regional e internacional explorando y acercándolas a las cámaras para desarrollar una “ingeniería de financiamiento”,
- Promover la sinergia entre los organismos de estado-agencias de desarrollo, institutos de I&D y universidades

### **9.3.2. Barreras institucionales y de capacidad organizativa**

- a) Falta de instituciones profesionales o mecanismos de difusión de la información
- b) Necesidad de agencias especializadas a nivel de planificación y operación
- c) Compañías locales de escala pequeña (habilidad limitada para absorber nuevas tecnologías)

La Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva en el marco de la Ley Nacional de Biocombustibles promoverá la investigación, cooperación y transferencia de tecnología entre las pequeñas y medianas empresas y las instituciones pertinentes del Sistema Público Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, elaborando programas específicos y previendo los recursos presupuestarios correspondientes. Este marco legal favorece el vencimiento de algunas de las barreras institucionales identificadas, asociadas a:

- insuficiente investigación y desarrollo de conocimiento relacionado con la digestión anaeróbica, tanto a nivel privado como gubernamental,
- relativa participación en actividades de cooperación internacional para el desarrollo de energías alternativas

### **9.3.3. Barreras económicas y financieras**

- a) Falta o inadecuado acceso a recursos financieros
  - i. Falta de instrumentos financieros e instituciones
  - ii. Mercado de capital poco desarrollado o distorsionado
  - iii. Falta de capital de riesgo
- b) Alto costo de capital
  - i. Escasez de capital barato (altas tasas de interés debido a percepción de alto riesgo por parte de instituciones financieras)
  - ii. Políticas gubernamentales sobre el costo de capital
- c) Ausencia de financiamiento
  - i. Altos costos de capital anticipado
  - ii. Altos costos de recursos (mano de obra, material, capital)
  - iii. Altos costos de implementación
  - iv. Altas tasas de descuento (suelen serlo para tecnologías ambientales debido a la percepción de alto riesgo e incertidumbre)
  - v. El criterio de amortización limita los beneficios económicos globales del proyecto

- vi. Baja asequibilidad entre los habitantes de zonas rurales y peri-urbanas
- d) Altos costos de transacción
  - i. Adquisición de tecnología e implementación
  - ii. Burocracia, procedimientos y demoras
  - iii. Subestimación de costos en el análisis económico
- e) Inapropiados incentivos fiscales y desincentivos
  - i. Tratamiento favorable para las energías convencionales y proyectos de gran escala
  - ii. Falta de consideración de externalidades negativas de las energías convencionales que no se consideran en el precio
  - iii. Tasas sobre las tecnologías climáticas (altos costos de importación de equipos)
  - iv. Los consumidores pagan por debajo del costo marginal
- f) Incertidumbre del entorno macroeconómico
  - ii. Tasa de inflación volátil

#### **9.3.4. Barreras del mercado**

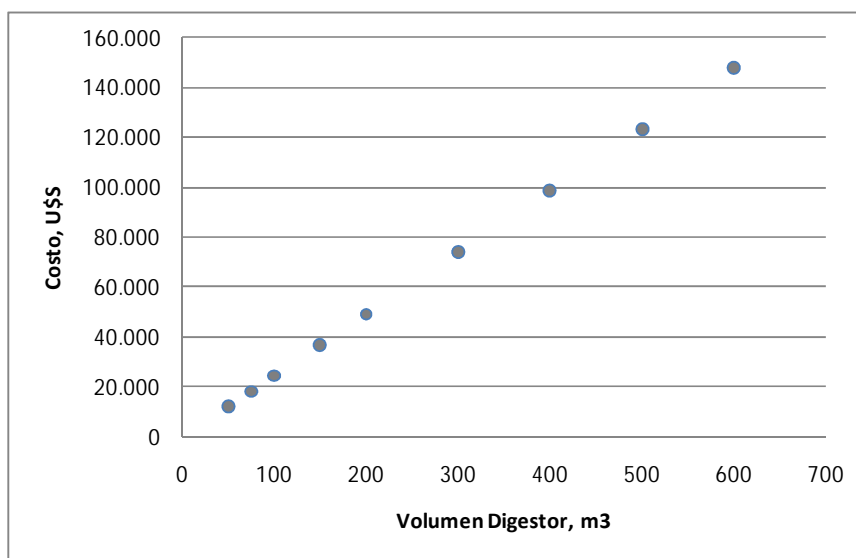
- a) Débil infraestructura de mercado
  - i. Demanda débilmente articulada
  - ii. Falta de liberalización del sector energético
- b) Competencia subdesarrollada
  - i. Insuficiente número de competidores (el mercado no es un incentivo para la inversión)
- c) Acceso restringido a la tecnología
  - i. La tecnología no se encuentra disponible en el mercado
  - ii. El desarrollador de la tecnología no está dispuesto a transferir la tecnología
  - iii. El tamaño del mercado es pequeño
  - iv. Escasa o nula disposición a pagar por parte de los consumidores
- d) Falta de proyectos de referencia en el país

La tecnología de digestión anaeróbica, ya sea a través de lagunas cubiertas como de digestores, no está incorporada como una práctica habitual para el tratamiento de efluentes, y menos aún para la generación de energía. La amplitud de la red de gas natural y de electricidad asociado a un cuadro tarifario relativamente depreciado refleja un escenario en el cual el aprovechamiento energético de los efluentes dista de ser una práctica común.

La ausencia de proveedores locales es una barrera económica para la pequeña y mediana empresa que busca alcanzar mayor competitividad en el mercado con menor capacidad de inversión. Para las grandes empresas, esta situación exige recurrir a empresas proveedoras de tecnología foráneas que ofrecen plantas llave en mano con un costo superior pero que en algunos casos se concretan más por una cuestión de competitividad (exigencias corporativas, imagen, exigencia del mercado exportador, huella de agua, huella de carbono,) o por la presión social que demanda mejoras en los planes de manejo ambiental de las grandes empresas que impactan sobre los recursos del ambiente, que por cuestiones de cumplimiento de la normativa vigente.

En los últimos años han surgido empresas de capitales foráneos que ofrecen soluciones llave en mano con sistemas opcionales de generación de electricidad, ofreciendo al mercado local biodigestores de tipo membrana de diversos tamaños que incluyen todo el sistema de captación y purificación de biogás, servicios de puesta en marcha, operación y mantenimiento. Los modelos que provee abarcan volúmenes entre 25 y 500 m<sup>3</sup> y generadores de electricidad entre 6,6 y 88 kW de potencia; los costos del sistema completo varían entre 40.000 y 70.000 U\$, tal como muestra la *Figura 4.27*. Considerando además de todo el equipamiento para la captura de biogás y la generación de electricidad, los costos de transporte, instalación y puesta en marcha, esta tecnología tiene un costo de AR\$ 3.5 por kWh generado<sup>122</sup>.

**Figura 4.27. Costos de un sistema de biodigestor de membrana con captura de biogás y generación de electricidad.**



Fuente: Arcis Group (2011)

La producción de energía (térmica o eléctrica) implica mayor costo de inversión, de operación y de capacitación de recursos humanos lo que en muchos casos genera incertidumbre sobre los niveles de rentabilidad.

La ausencia de esquemas de financiamiento para la incorporación de nuevas prácticas dentro de las industrias es otra barrera económica que impide el desarrollo de esta tecnología.

### Aspectos humanos

- a) Falta de expertos para el entrenamiento en tecnologías climáticas
- b) Falta de especialistas para el servicio y mantenimiento

<sup>122</sup> 0.84U\$/kWh, calculado para una instalación de 27 kW de potencia y un digestor de 600 m<sup>3</sup> de volumen



### 9.3.5. Barreras relacionadas a la concientización y difusión de la información

- a) Pobre diseminación de la información sobre la tecnología (beneficios, costos, financiamiento, desarrollo de cadena de proveedores y desarrolladores de proyectos)
- b) Escasa infraestructura para el apoyo de proyectos de pequeña escala
- c) Incertidumbre sobre las nuevas tecnologías
- d) Altos riesgos de inversión
- e) Incertidumbre sobre los beneficios
- f) Ausencia de interés de los medios en la promoción de tecnologías
- g) Falta de concientización sobre aspectos relacionados al cambio climático y las soluciones tecnológicas

La tecnología de digestión anaeróbica de efluentes no es una práctica arraigada en la industria local ni promovida desde los organismos del estado. Recién en los últimos años y dada la participación de representantes de Argentina en mecanismos internacionales que promueven el uso del metano generado a partir de residuos como la Iniciativa Global de Metano<sup>123</sup> se ha comenzado a difundir a través de talleres y seminarios donde han participado diferentes sectores de la sociedad, desde instituciones de I&D, universidades, cooperativas e industrias.

El sector agropecuario y algunas pequeñas industrias tienen un carácter más tradicional y poco innovador, lo que retarda la incorporación de nuevas formas de producción más limpia e implica mayor necesidad de capacitación de los recursos humanos.

Otras barreras identificadas están vinculadas a la “credibilidad” de una nueva tecnología, a la percepción sobre las dificultades que debe vencer un cambio de prácticas de manejo, a la falta de conocimiento del proceso, al pre concepto de que la tecnología requiere elevada inversión y a la falta de proyectos demostrativos.

### 9.3.6. Barreras técnicas

- a) Escasas facilidades para la O&M
  - i. Falta de personal calificado
  - ii. Capacidad limitada para la provisión de repuestos
- b) Inadecuada estandarización y certificación
  - i. Falta de facilidades para el testeo y certificación
- c) Riesgos técnicos
- d) Competencia técnica desigual
  - i. Falta de escala y experiencia
  - ii. Baja performance en términos relativos
- e) Limitaciones del sistema
  - i. Capacidad limitada de la red (intermitencia, RET Renewable Energy Target scheme)
- f) Complejidad de la nueva tecnología/insuficiente experiencia

Dentro del sector agropecuario, las granjas de cría y engorde de animales, particularmente la producción porcina y los tambos están más abocados al incremento de la producción y a alcanzar mayor estabilidad en el mercado que a la mejora del tratamiento de los efluentes. En

---

<sup>123</sup> IGM nueva denominación de la iniciativa Metano a los Mercados M2M ([www.goblamethane.org](http://www.goblamethane.org)), promovida por la Agencia de Protección Ambiental de EEUU, USEPA.

el sector industrial de la pequeña y mediana empresa, la situación es similar pero para las grandes industrias que generan volúmenes significativos de efluentes la presión social por el inadecuado manejo o por la ausencia de planes de manejo ambiental puede llevar a la búsqueda de una solución tecnológica que incluya el aprovechamiento energético.

Entre las principales barreras técnicas identificadas para el aprovechamiento energético de los efluentes y que dificultan la implementación de la tecnología de biodigestión anaeróbica se identifican:

- El desconocimiento sobre las diferentes tecnologías de aprovechamiento energético de efluentes
- La ausencia de proyectos demostrativos o referentes sobre el uso energético de los efluentes
- La falta de proveedores locales de tecnología o, o poco difundidos, principalmente en el sector agropecuario
- La falta de recursos humanos capacitados en el manejo de tecnologías no convencionales para el sector
- La escasa o nula experiencia en las tecnologías de generación de energía (térmica o eléctrica) para autoconsumo
- El amplio acceso a la red nacional de gas natural y electricidad con tarifas deprimidas en relación a los costos en países limítrofes.

En definitiva, la principal barrera para la implementación de esta tecnología es la captura y gestión del biogás como recurso energético.

### **9.3.7. Otras barreras**

- a) Impactos ambientales
  - i. Polución
  - ii. Aspectos ecológicos

No se observan barreras ambientales por la implementación de la tecnología de digestión anaeróbica con aprovechamiento energético. La mayor parte de los impactos negativos que genera el inadecuado manejo de efluentes como polución, olores y contaminación de aguas son mitigados por esta tecnología que no genera impactos adicionales a los existentes bajo la práctica usual.

Si bien la digestión anaeróbica no resuelve el tema de la descarga de efluentes, ya que los mismos no reducen significativamente su nivel de contaminación, la ventaja es que, una vez digeridos, se estabilizan y pueden ser descargados luego de tratamientos convencionales en lagunas facultativas y aeróbicas y siempre que cumplan con los límites de descarga permitidos por la normativa vigente. La mayor ventaja ambiental de esta tecnología es que permite mitigar las emisiones de metano a la atmósfera y sustituir el uso de combustibles fósiles.

## 9.4. Producción de biometano

A continuación se describen las barreras identificadas para la producción de biometano.

### 9.4.1. Barreras legales, regulatorias, de políticas

- a) Insuficiente marco legal y regulatorio
  - i. Ausencia de leyes sobre tecnologías climáticas
  - ii. Procedimientos complejos (permisos para la generación de energía)
  - iii. Ausencia de fe por parte del gobierno en las tecnologías climáticas
  - iv. Insuficiente voluntad para hacer cumplir leyes y regulaciones
  
- b) Sector energético fuertemente controlado
  - i. Monopolios en el sector
  - ii. Restricciones para el sector privado (productores independientes de energía)
  
- c) Fallas de las redes
  - i. Partes interesadas dispersadas o poco organizadas
  - ii. Insuficiente coordinación entre ministerios/secretarías y partes interesadas
  - iii. Insuficiente cooperación industria- instituciones I&D
  - iv. Dificultad de acceso a fabricantes externos
  - v. Oposición fuerte

Argentina ha sido uno de los principales productores de gas natural y basa su matriz energética en más del 40% en este recurso fósil. Esta realidad hace que no existan antecedentes históricos en la incorporación del biogás en la red de gas natural como ha sido la realidad en otros países, como Chile, por ejemplo.

La incorporación del biometano en la red de gas natural o para ser utilizado como combustible para vehículos de transporte requiere analizar el marco regulatorio actual. Al respecto, La Ley Nacional 26093 de Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles sancionada el 19 de abril de 2006 establece en su artículo 11 que "... el biogás se utilizará en sistemas, líneas de transporte y distribución de acuerdo a lo que establezca la Autoridad de Aplicación", mientras que en su Decreto Reglamentario 109/2007 establece en el artículo 14 que "...La Autoridad de Aplicación definirá las condiciones bajo las cuales podrá utilizarse el biogás puro y, cuando así lo considere oportuno, las condiciones en las cuales podrá integrarse a una red de gas natural. Así mismo, determinará las condiciones de operación con el objetivo de garantizar la seguridad de la operación y el medio ambiente".

Cabe destacar que la autoridad de aplicación de esta ley es el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, a través de la Secretaría de Energía. Por otro lado, el ente regulador del gas de la República Argentina ENARGAS<sup>124</sup> dependiente del mismo ministerio, reglamenta a través de la Res. 622/08 (que deroga la Res. 622/98) las especificaciones de calidad del gas natural con el objeto de asegurar la calidad del suministro a

---

<sup>124</sup> <http://www.enargas.gov.ar/>

los consumidores y proteger las instalaciones de transporte y distribución. Dicha resolución indica que el gas natural debe contener como máximo 2.0% mol de CO<sub>2</sub> lo que exige una alta eficiencia para cualquiera de las tecnologías de purificación de biogás descritas en el punto 2.3 de la Sección I.

La ausencia de políticas de mitigación de GEIs en el marco de una economía de mayor demanda de energía es otra barrera institucional que no contribuye a la difusión de otras alternativas tecnológicas como el uso del biometano como sustituto del gas natural.

#### **9.4.2. Barreras institucionales y de capacidad organizativa**

- a) Falta de instituciones profesionales o mecanismos de difusión de la información
- b) Necesidad de agencias especializadas a nivel de planificación y operación
- c) Compañías locales de escala pequeña (habilidad limitada para absorber nuevas tecnologías)

#### **Aspectos humanos**

- a) Falta de expertos para el entrenamiento en tecnologías climáticas
- b) Falta de especialistas para el servicio y mantenimiento

#### **9.4.3. Barreras sociales, culturales**

- a) Falta de aceptación social a algunas tecnologías climáticas
- b) Resistencia al cambio por razones culturales
- c) Necesidad de los usuarios de modificar hábitos
- d) Poblaciones dispersas o distribuidas ampliamente
- e) Falta de involucramiento de las partes interesadas

#### **9.4.4. Barreras relacionadas a la concientización y difusión de la información**

- a) Pobre diseminación de la información sobre la tecnología (beneficios, costos, financiamiento, desarrollo de cadena de proveedores y desarrolladores de proyectos)
- b) Escasa infraestructura para el apoyo de proyectos de pequeña escala
- c) Falta de agencias equipadas para proveer información
- d) Incertidumbre sobre las nuevas tecnologías
- e) Altos riesgos de inversión
- f) Incertidumbre sobre los beneficios
- g) Ausencia de interés de los medios en la promoción de tecnologías
- h) Falta de concientización sobre aspectos relacionados al cambio climático y las soluciones tecnológicas

La producción de biometano y a partir de él de energía térmica y/o electricidad no son prácticas reconocidas como usuales ni en el sector de manejo de RSU ni en las actividades industriales o agropecuarias. La percepción social sobre este tipo de tecnologías se encuentra aún más distante de ser internalizada como una opción para el tratamiento de los efluentes. La histórica provisión de energía a través de sistemas de red con alta participación del estado subsidiando el sector energético ha demorado la difusión de alternativas tecnológicas de

provisión de energía. A diferencia de lo que sucede en los países industrializados, el impacto de estas tecnologías sobre la mitigación de emisiones es prácticamente nulo sobre la opinión pública.

#### **9.4.5. Barreras técnicas**

- a) Escasas facilidades para la O&M
  - i. Falta de personal calificado
  - ii. Capacidad limitada para la provisión de repuestos
- b) Inadecuada estandarización y certificación
  - i. Falta de facilidades para el testeo y certificación
- c) Riesgos técnicos
- d) Competencia técnica desigual
  - i. Falta de escala y experiencia
  - ii. Baja performance en términos relativos
- e) Limitaciones del sistema
  - i. Capacidad limitada de la red (intermitencia, RET Renewable Energy Target scheme)
- f) Complejidad de la nueva tecnología/insuficiente experiencia

La producción de biometano requiere evaluar la factibilidad técnica de tres etapas: la producción de GRS o biogás propiamente dicha, la limpieza y el enriquecimiento energético. Algunas de las opciones tecnológicas para la separación del dióxido de carbono del biogás presentan algunas dificultades vinculadas a la utilización de licencias de algunos componentes como las membranas usadas en el proceso de adsorción. Además, el desarrollo de esta tecnología requiere una significativa capacitación de recursos humanos para implementar tecnologías más complejas que están más asociadas al perfil de la industria química que a las operaciones unitarias vinculadas con la gestión de los residuos. Esta realidad implica un cambio de paradigma con respecto a la visión de la actual gestión de RSU y efluentes en Argentina.

La ausencia de proyectos demostrativos de la tecnología para la purificación de GRS o de biogás dificulta su implementación en proyectos vinculados al manejo de RSU y efluentes.

#### **9.4.6. Barreras económicas y financieras**

- a) Falta o inadecuado acceso a recursos financieros
  - i. Falta de instrumentos financieros e instituciones
  - ii. Mercado de capital poco desarrollado o distorsionado
  - iii. Falta de capital de riesgo
- b) Alto costo de capital
  - i. Escasez de capital barato (altas tasas de interés debido a percepción de alto riesgo por parte de instituciones financieras)
  - ii. Políticas gubernamentales sobre el costo de capital
- c) Ausencia de financiamiento
  - i. Altos costos de capital anticipado
  - ii. Altos costos de recursos (mano de obra, material, capital)
  - iii. Altos costos de implementación

- iv. Altas tasas de descuento (suelen serlo para tecnologías ambientales debido a la percepción de alto riesgo e incertidumbre)
- v. El criterio de amortización limita los beneficios económicos globales del proyecto
- vi. Baja asequibilidad entre los habitantes de zonas rurales y peri-urbanas
- d) Altos costos de transacción
  - v. Adquisición de tecnología e implementación
  - vi. Burocracia, procedimientos y demoras
  - vii. Subestimación de costos en el análisis económico
- e) Inapropiados incentivos fiscales y desincentivos
  - i. Tratamiento favorable para las energías convencionales y proyectos de gran escala
  - ii. Falta de consideración de externalidades negativas de las energías convencionales que no se consideran en el precio
  - iii. Tasas sobre las tecnologías climáticas (altos costos de importación de equipos)
  - iv. Los consumidores pagan por debajo del costo marginal
- f) Incertidumbre del entorno macroeconómico
  - i. Tasa de inflación volátil

#### **9.4.7. Barreras del mercado**

- a) Débil infraestructura de mercado
  - i. Demanda débilmente articulada
  - ii. Falta de liberalización del sector energético
- b) Competencia subdesarrollada
  - i. Insuficiente número de competidores (el mercado no es un incentivo para la inversión)
- c) Acceso restringido a la tecnología
  - i. La tecnología no se encuentra disponible en el mercado
  - ii. El desarrollador de la tecnología no está dispuesto a transferir la tecnología
  - iii. El tamaño del mercado es pequeño
  - iv. Escasa o nula disposición a pagar por parte de los consumidores
- d) Falta de proyectos de referencia en el país

Una de las principales barreras económicas para la producción de biometano es vencer el escenario de la práctica usual. La poca experiencia desarrollada con respecto a la explotación del biogás en Argentina hace que el enriquecimiento energético de este recurso sea aún una inversión de alto riesgo. Existe incertidumbre sobre la capacidad de recuperación de biogás lo que influye sobre una cuestión importante que es la escala de los proyectos, ya que las tecnologías de adsorción por membranas y de absorción tipo PSA requieren una escala mínima para asegurar la viabilidad de la tecnología.

La ausencia de un mercado local de proveedores de la tecnología que sea perceptible para el sector vinculado a la gestión de los residuos y efluentes es una barrera económica que puede poner en riesgo la factibilidad económica de la tecnología.

Los costos energéticos asociados a la purificación y compresión del biogás deben evaluarse cuidadosamente en relación a la escala de los proyectos para asegurar su viabilidad técnica. Un trabajo previo ha mostrado una fuerte dependencia de los indicadores económicos de la producción de biometano a la comercialización del CO<sub>2</sub><sup>125</sup>. Dada la naturaleza de origen del gas, es probable que aún no se esté en condiciones de utilizar el dióxido de carbono en la industria alimenticia ya que se requerirían mayor etapas de acondicionamiento del gas para cumplir con el estándar de comercialización grado alimenticio del producto.

La rentabilidad económica del enriquecimiento energético del biogás para alcanzar las características de biometano resulta dudosa en un escenario con tarifas energéticas del gas natural deprimidas y subsidiadas. Esta tecnología requiere además desarrollar el mercado de utilización del biometano, ya sea para inyectarlo a la red de gas natural o para el mercado automotor.

#### 9.4.8. Otras barreras

- Impactos ambientales
  - i. Contaminación
  - ii. Aspectos ecológicos

Si bien el biometano constituye una fuente de energía renovable, la falta de difusión y conocimiento sobre las tecnologías de enriquecimiento energético pone en duda el balance energético total del proceso, principalmente para las tecnologías de absorción donde además de la separación del CO<sub>2</sub> se requiere de un conjunto de operaciones unitarias adicionales para la purificación del solvente. De todas maneras, la producción y utilización de biometano es una tecnología superadora desde el punto de vista ambiental al uso de combustibles fósiles ya que contribuye a mitigar emisiones de metano y a desplazar emisiones de dióxido de carbono.

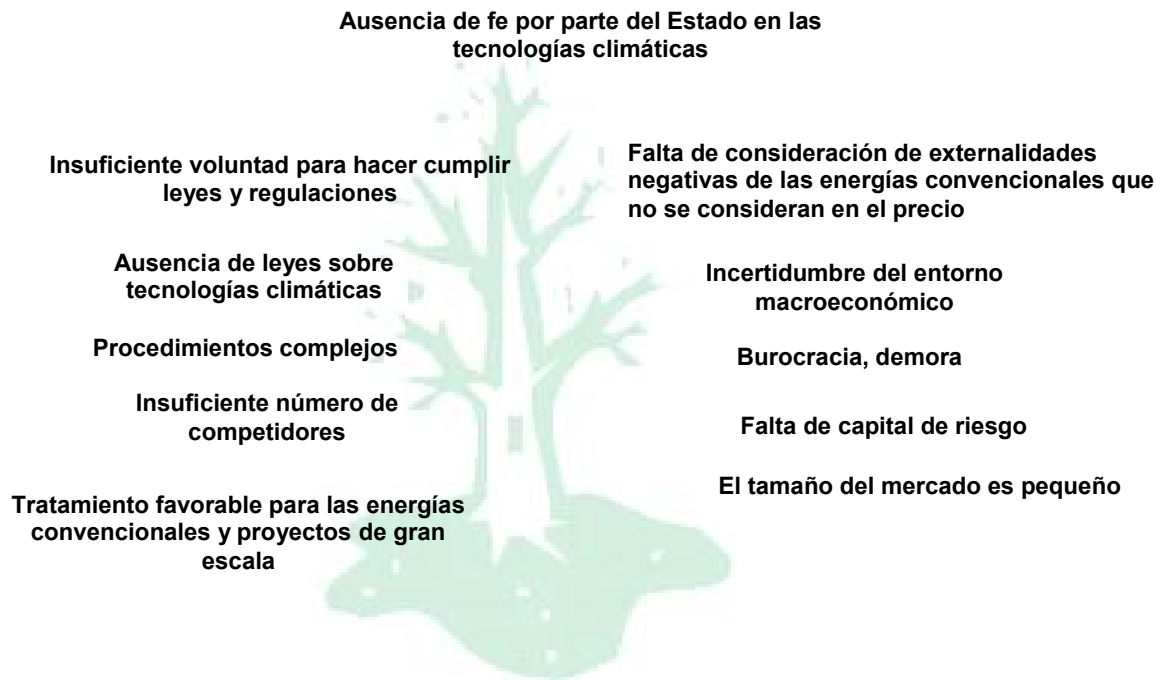
#### 9.5. Jerarquía de Barreras

A partir del análisis de las principales barreras identificadas para las tecnologías de aprovechamiento energético de residuos y efluentes en Argentina, se realizó un resumen de las mismas ordenadas según un árbol de jerarquías (Fig. 80). Del mismo puede inferirse que las principales barreras identificadas no están asociadas a la tecnología propiamente dicha sino que en realidad reflejan la necesidad de mejorar el entorno habilitante vinculado al aspecto regulatorio e institucional, para facilitar su inserción y desarrollo en el país.

---

<sup>125</sup> Santalla E. 2007. *Factibilidad del enriquecimiento energético del GRS para ciudades de tamaño intermedio de países en desarrollo*. Tesis de Máster en Gestión y Auditorías Ambientales en Ingeniería y Tecnología Ambiental. UPC. En dicho estudio se analizó el mercado de este gas y se detectó para una ciudad de tamaño intermedio con actividad industrial destacada, uno de los principales usos del dióxido de carbono es el rubro industrial y en menor proporción para la industria alimenticia y medicinal. Una evaluación de la demanda en dicha ciudad permitió detectar que el consumo aproximado del comúnmente denominado "gas carbónico" es aproximadamente 50 t anuales de los cuales sólo el 18% se destina a uso alimenticio y menos del 5% a uso medicinal. Un estudio a escala piloto a partir de una producción de 100 m<sup>3</sup>/h de GRS con una composición de aproximadamente 30% de CO<sub>2</sub> se tendría una producción anual que satisficaría en más de siete veces la demanda de este insumo lo que daría posibilidades de expandir la comercialización a otras ciudades de la región, previa evaluación de la calidad del producto, del mercado y de la logística del transporte y distribución.

Figura 4.28. Jerarquía de barreras identificadas





## 10. RECOMENDACIONES PARA ESTABLECER UN MARCO FACILITADOR

---

A continuación se describen los aspectos que deberían contemplarse para establecer un plan de acción que contribuya a implementar las tecnologías mejor ponderadas con fines de aprovechamiento energético.

### 10.1. Aspectos normativos

- Establecer un marco regulatorio que beneficie la producción de energía a partir del aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos a través de incentivos a la inversión, tasas diferenciales, reducción del IVA, etc
- Facilitar el marco técnico para promover la incorporación del excedente de energía eléctrica producida con recursos renovables a la red nacional (a través de la Secretaría de Energía y ENARSA).
- Facilitar la producción de energía (térmica y/o eléctrica) a través de contratos de compra a largo plazo y a precios de comercialización que resulten atractivos para proyectos de mediana y pequeña escala.
- Promover a través de instituciones de I&D la promoción, asistencia técnica y capacitación para la implementación y sostenimiento de las nuevas tecnologías de generación de energía a partir de fuentes renovables.
- Facilitar a los productores agropecuarios el acceso a estudios de factibilidad que incluya el análisis de externalidades del aprovechamiento energético de los residuos, con la finalidad de promover la generación de energía para autoconsumo.
- Incluir en las reglamentaciones las BATs disponibles para cada sector.
- Implementar un adecuado sistema de control que permita el cumplimiento de la legislación vigente, especialmente en lo referido a los límites de descarga de efluentes en cursos de agua y en el suelo, sin discriminar en la escala de los vertidos

### 10.2. Aspectos económico-institucionales

- Acentuar la formación de los staff técnicos de los organismos del Estado que establecen políticas con un fuerte compromiso en el desarrollo e implementación de tecnologías locales.
- Promover la difusión del conocimiento sobre BATs, producción limpia y ecoeficiencia. El hecho de compartir información y conocimientos, especialmente entre las PyMES, puede ayudar a las empresas a encaminarse hacia el desarrollo sostenible. El fortalecimiento institucional de organizaciones relacionadas entre sí es un componente clave, al igual que el énfasis en ayudar a las PyMES a demandar movilización de recursos, e identificar oportunidades de producción más limpia y buscar ayuda para este tipo de producción. En este esquema es esencial comprometer a las cámaras de productores a tomar acciones corporativas que promuevan la ecoeficiencia en el sector privado.
- Identificar alternativas de financiamiento a nivel local, regional e internacional explorando y acercándolas a las cámaras para desarrollar una "ingeniería de financiamiento".

- Promover la sinergia entre los organismos de estado-agencias de desarrollo, institutos de I&D y universidades.
- Una vez facilitado el marco regulatorio para la utilización energética de residuos y efluentes se debe promover el mercado de proveedores bajo un mecanismo de libre competencia sobre la base de un mercado con reglas claras que asegure contratos de provisión de las materias primas a largo plazo para asegurar el sostenimiento y la implementación de los proyectos.
- Promover el desarrollo de mecanismos financieros como fondos de inversión en capital para la aplicación de tecnologías limpias, mejorar la gestión del riesgo, aumentar el desempeño y planificación operativa y reducir los costos mediante la sustitución de materiales, minimización y ahorro de recursos naturales

### **10.3. Aspectos sociales**

- Fomentar actividades de capacitación para mejorar los conocimientos del personal calificado, que pueda ofrecer servicios a las empresas interesadas relacionadas con las áreas de producción más limpia, gestión ambiental y ecoeficiencia. Se trata de crear una oferta local de técnicos competentes y calificados, capacitados mediante cursos y experiencias prácticas de capacitación.
- Proporcionar los recursos para la “capacitación de instructores” sobre producción más limpia y ecoeficiencia dirigida a asesores, ONG, universidades y agencias gubernamentales, a fin de crear un cuadro nacional de expertos que eventualmente trabajarían con otros interesados en aprender las técnicas de producción más limpia y mejor gestión ambiental.
- Incluir el concepto de extensión de la responsabilidad del productor (ERP) en planes, programas y políticas. La barrera más grande para el reciclaje – quizás, incluso mayor que la mezcla de residuos – es el hecho de que muchos productos no están diseñados para ser desmontados y reutilizados con facilidad. Este problema no puede ser resuelto al final de la vida del producto. La ERP es un enfoque político cuyo concepto básico es que las empresas deben responsabilizarse física o económicamente por sus productos durante toda su vida; la responsabilidad no termina cuando el producto es vendido. Los programas de ERP se proponen eliminar la oportunidad de que los fabricantes trasladen los gastos de disposición de sus productos a los gobiernos y consumidores. Si se implementa apropiadamente, la ERP crea un mecanismo retroactivo que lleva a que las empresas dejen de generar productos no reciclables y no reutilizables que contengan materiales tóxicos. Si los fabricantes deben recolectar sus propios productos y sus correspondientes envases al final de su vida útil, tienen un fuerte incentivo para rediseñarlos de modo tal de reducir su toxicidad y ser fácilmente reciclables. Programas de este tipo se han aplicado para envases, bienes durables tales como autos, neumáticos, equipos electrónicos y tóxicos domiciliarios (Leal, 2005).

## 11. INTRODUCCIÓN PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO

---

En función del análisis realizado para el sector se presentan a continuación un Plan de Acción Tecnológico (PAT) conteniendo un objetivo central, barreras y necesidades y líneas de acción necesarias para superarlas.

Se sugieren además actividades concretas que contribuyen a operativizar las líneas de acción, estableciendo posibles actores, tiempos y presupuestos estimados. En relación al presupuesto este se ha calculado en US\$ 3.712.000, en función del conjunto de actividades planteadas, siendo el total del presupuesto estimado para las acciones sugeridas de los sectores analizados en el informe de mitigación de aproximadamente US\$ 6.926.000.

Se detallan además en el PAT otras líneas de acción que incluyen iniciativas actualmente en curso o planificadas por distintos organismos, destacadas por su relevancia o potencial sinergia con futuras acciones y proyectos derivados de la ENT. La idea de proyecto también se incluye como medida de acción.

El PAT sugiere además actores estratégicos con representación en la cadena de valor y gestión del sector, que deberían involucrarse en las acciones sugeridas. Estos sectores corresponden al gubernamental, no gubernamental, incluyendo representantes de los trabajadores, sector privado y académico.

Se considera que los principales beneficiarios de la implementación de medidas son:

- Los municipios responsables de los RSU y efluentes generados en sus jurisdicciones
- Las industrias de los sectores productivos como frigoríficos, industria láctea, industria citrícola, industria azucarera, producción porcina, tambos u otros que generen corrientes de residuos o efluentes con potencial de generación de energía.
- Empresas proveedoras de equipos, maquinarias y vehículos para el transporte y tratamiento de los RSU y efluentes
- Empresas encargadas del servicio de recolección y disposición final de RSU y encargadas del servicio de tratamiento de efluentes generalmente adjudicatarias del servicio a través de contratos, licitaciones o adjudicaciones.

**TABLA 4.22. PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO PARA EL SECTOR RESIDUOS**

OBJETIVOS GENERAL					
Impulsar el desarrollo e implementación de tecnologías para el aprovechamiento energético de residuos sólidos urbanos, agrícola- ganaderos y agroindustriales.					
BARRERAS Y NECESIDADES IDENTIFICADAS	LINEAS DE ACCIÓN IDENTIFICADAS EN LA ENT	ACTIVIDAD PROPUESTA	POSIBLES ACTORES GUBERNAMENTALES	TIEMPO ESTIMADO	PRESUPUESTO ESTIMADO US\$
<b>REGULATORIAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de promover la adopción de un enfoque integral en la gestión de diferentes corrientes de residuos y efluentes, incluyendo su aprovechamiento energético, mediante un marco regulatorio adecuado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar el marco regulatorio a fin de incorporar la producción de energía a partir de residuos, contemplando las Mejores Tecnologías Disponibles (BATs, por sus siglas en inglés) para cada sector y las características particulares de cada jurisdicción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SAYDS</li> <li>MINCYT</li> <li>INTI</li> <li>COFEMA</li> <li>INTA</li> </ul>	1 año	24.000
<b>ECONÓMICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de desarrollar esquemas de incentivos que ayuden a vencer el escenario de la práctica usual en el manejo de residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar alternativas de financiamiento a nivel local, regional e internacional.</li> <li>Facilitar la venta de energía (térmica y/o eléctrica) a través de contratos de compra a largo plazo y a precios de comercialización que resulten atractivos para proyectos de mediana y pequeña escala.</li> <li>Evaluar el sistema de contratos/concesiones de los servicios de tratamiento y disposición final de residuos con vistas a la generación de electricidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SAYDS</li> <li>Secretaría de Energía</li> </ul>	6 meses	24.000
<b>DIFUSIÓN, CAPACITACIÓN, ARTICULACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de fortalecer las instituciones y articular redes para la difusión, desarrollo e implementación de tecnologías para el aprovechamiento energético de residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promover a través de instituciones de I&amp;D la promoción, asistencia técnica y capacitación para la implementación y sostenimiento de nuevas tecnologías de generación de energía a partir de fuentes renovables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SAYDS</li> <li>MINCYT</li> <li>COFEMA</li> <li>Secretaría de Energía</li> <li>INTI</li> <li>INTA</li> </ul>	1 año	16.000

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Promover la sinergia entre los organismos de estado-agencias de desarrollo, institutos de I&amp;D y universidades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conformar mesas de trabajo interinstitucional para articular acciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SAYDS</li> <li>MINCYT</li> <li>COFEMA</li> <li>Secretaría de Energía</li> <li>INTI</li> <li>INTA</li> </ul>	1 año	16.000
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar programas de formación técnica de los operarios y puestos gerenciales en nuevas tecnologías.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia técnica para definir programas de capacitación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SAYDS</li> <li>COFEMA</li> <li>MINCYT</li> <li>Secretaría de Energía</li> </ul>	6 meses	16.000
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevar, difundir y fortalecer proveedores locales de tecnologías aplicables a los residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de fortalecimiento al sector incluyendo una plataforma WEB y talleres de capacitación en diferentes regiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SAYDS</li> <li>COFEMA</li> <li>MINCYT</li> <li>Secretaría de Energía</li> </ul>	1 año	120.000
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar campañas de concientización acerca de las ventajas de la utilización de residuos con fines energéticos y aspectos relacionados al cambio climático en articulación con representantes de diversos sectores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia técnica para la elaboración e implementación de un Programa de concientización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SAYDS</li> <li>COFEMA</li> <li>MINCYT</li> <li>Secretaría de Energía</li> </ul>	1 año	480.000
<b>TECNOLÓGICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de fortalecer la implementación o difusión de proyectos de referencia a de pequeña y mediana escala</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar proyectos demostrativos sobre el uso energético de residuos y efluentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Convocatoria para la presentación de proyectos demostrativos de generación de energía a partir de residuos y efluentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SAYDS</li> <li>MINCYT</li> <li>Secretaría de Energía</li> </ul>	2 años	3.000.000

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de estadísticas suficientes y fiables en materia de generación de RSU.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fortalecer la producción y sistematización de estadísticas y datos vinculados a RSU para apoyar el diseño e implementación de planes, programas y metas de gestión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia técnica para fortalecer el Observatorio de RSU de SAyDS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SAyDS</li> </ul>	6 meses	16.000
--	--	---	---	---	---------	--------

## OTRAS LÍNEAS DE ACCIÓN

### PLANES, PROGRAMAS, PROYECTOS Y MEDIDAS PREVISTOS Y/O EN IMPLEMENTACIÓN

#### 1. Secretaría de Energía

- PROGRAMA FOPPEN**

En el marco de los proyectos de pre inversión para proyectos energéticos, se analiza la implementación de dos centrales biomásicas para la generación de energía eléctrica mediante la combustión directa de residuos forestoindustriales, localizadas en las provincias de Formosa y Chaco respectivamente.

Las actividades de este proyecto de pre inversión buscan generar un anteproyecto a nivel de prefactibilidad avanzada que incluya aspectos técnicos, regulatorios, evaluación económica financiera, de impacto ambiental entre otros.

- PROBIOMASA**

Tiene como objetivo incrementar la producción de energía derivada de biomasa a nivel local, provincial y nacional para asegurar a la sociedad un creciente suministro de energía renovable, limpia, confiable y competitiva mientras se abren nuevas oportunidades para el desarrollo del sector agropecuario, forestal y agroindustrial del país. Cuenta con tres líneas de acción relacionadas con el fortalecimiento institucional, el desarrollo de estrategias provinciales para el establecimiento de emprendimientos bioenergéticos y la realización de campañas de comunicación, sensibilización, extensión y diseminación de información para decisores políticos, empresarios, asociaciones civiles y públicas en general para el fortalecimiento de la política bioenergética nacional.

## 2. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

- **Proyecto Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (PNGIRSU)**

El Proyecto brinda asistencia técnica y económica a modo de incentivo para que las provincias y sus municipios puedan elaborar sus propios planes y sistemas de gestión integral, en el marco de los objetivos de la Estrategia Nacional.

Se prevé la financiación de los costos de infraestructura para la disposición final y sus sistemas asociados, a través de la construcción de rellenos sanitarios, plantas de tratamiento, estaciones de transferencia y el cierre de basurales a cielo abierto, según se requiera. Otros de los componentes son, el fortalecimiento institucional de las autoridades involucradas en la gestión de residuos, en todos los niveles de gobierno y la elaboración de planes sociales en las diferentes jurisdicciones para la inclusión social de los recuperadores informales de residuos.

### IDEA DE PROYECTO DE LA ENT

El proyecto propuesto consiste en la instalación de un biodigestor para la producción de biogás y generación de electricidad para autoconsumo en un feed lot localizado en el centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina, que no cuenta con acceso a la red pública de electricidad. (Se amplía información en la siguiente sección).

La iniciativa busca resolver el problema de los residuos generados por la cría confinada de animales y paralelamente resolver el autoabastecimiento de electricidad mediante una nueva tecnología en el sector.

Los beneficios redundan en una mejor competitividad del sector productor de carnes, el desarrollo de economías locales (mano de obra para la construcción, instalación, O&M de biodigestores y sistemas de generación de electricidad, proveedores de servicios, logística para el transporte y la distribución de insumos y servicios, etc). El proyecto podrá convertirse en referencia regional para su posterior transferencia a otros productores ganaderos del mismo sector (ganadería) y también del sector de cría intensiva de porcinos, tambos y frigoríficos.

### ACTORES ESTRATÉGICOS Y POSIBLES SINERGIAS

**ACTORES DEL SECTOR GUBERNAMENTAL:** de acuerdo a antecedentes y líneas de acción existentes en el sector Gubernamental se identifican los siguientes actores para establecer posibles sinergias para el desarrollo de medidas planteadas.

- **Secretaría de Energía:** cuenta en su estructura con la Dirección Nacional de Promoción (DNP) de la Subsecretaría de Energía Eléctrica (SSEE), que tiene como funciones colaborar en la programación y ejecución de actividades vinculadas con el uso racional de la energía, la diseminación de nuevas fuentes de energía renovable, el desarrollo de proyectos demostrativos de nuevas tecnologías y la incorporación de oferta hidroeléctrica. La SSEE ha promovido la iniciativa que establece, como meta para el año 2016, que el 8% del consumo de electricidad nacional deberá ser abastecido con energías renovables, incluyendo a todas las fuentes alternativas y sólo limitando a las hidroeléctricas hasta 30MW.
- **Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable.** A través de la Coordinación para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) y el Proyecto Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (PNGIRSU), implementa soluciones integrales a la problemática de los residuos, brindando asistencia técnica y económica a modo de incentivo para que las provincias y sus municipios puedan elaborar sus propios planes y sistemas de gestión integral, en el marco de los objetivos de la Estrategia Nacional. Prevé la financiación de los costos de **infraestructura** para la disposición final y sus sistemas asociados, a través de la construcción de rellenos sanitarios, plantas de tratamiento, estaciones de transferencia y el cierre de basurales a cielo abierto, según se requiera. Otros de los componentes son, el **fortalecimiento institucional** de las autoridades involucradas en la gestión de residuos, en todos los niveles de gobierno y la elaboración de **planes sociales** en las diferentes jurisdicciones para la inclusión social de los recuperadores informales de residuos.

**Instituto Nacional de tecnología Industrial (INTI):** organismo autárquico dependiente del Ministerio de Industria de la Nación. Cuenta con áreas y programas sobre medio ambiente y energía que tienen por objetivo desarrollar, implantar y brindar apoyo técnico dirigido al uso eficiente y racional de distintas formas de energía aplicables a los procesos productivos, al transporte y a los sectores residencial, comercial y público y a la promoción de energías alternativas.

- **Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA):** cuenta con un Programa de Bioenergía cuyo objetivo es asegurar el suministro de fuentes y servicios sostenibles, equitativos y asequibles de bioenergía, en apoyo al desarrollo sostenible, la seguridad energética nacional, la reducción de la pobreza, la atenuación del cambio climático y el equilibrio medioambiental en todo el territorio argentino. Las acciones se desarrollan mediante una cartera de proyectos propia, otros proyectos internacionales y la participación en diversas redes de cooperación técnica. Cuenta con sedes regionales y centros experimentales en todo el país.
- **Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA):** es el organismo permanente para la concertación y elaboración de una política ambiental coordinada entre los miembros (Gobierno Federal, las Provincias adheridas y la Ciudad de Buenos Aires).
- **Actores locales:** dadas las competencias y jurisdicción en la materia las agencias de desarrollo local, provincial con sus dependencias de Medio Ambiente, organismos de control (municipal, provincial, nacional) tienen un rol central en la implementación de las propuestas, el manejo de tasas e impuestos.

**ACTORES DEL SECTOR ACADÉMICO:** universidades nacionales, públicas y organizaciones que proveen conocimiento deben incluirse en la implementación de medidas por su rol de desarrolladores de tecnologías y actores claves en la operación y seguimiento de las tecnologías.

**ACTORES DEL SECTOR NO GUBERNAMENTAL:** ONGs son potenciales actores para las campañas de difusión.

**ACTORES DEL SECTOR PRIVADO:** cámaras de fabricantes y de sectores productivos serán relevantes de involucrar en posibles proyectos y actividades.

**REPRESENTANTES DE TRABAJADORES:** sindicatos son actores importantes a incluir para los componentes de capacitación y sostenimiento de los proyectos en el tiempo.



## 12. INSTALACIÓN DE UN DIGESTOR PARA EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE FEED LOT CON PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD PARA AUTOCONSUMO

---

### 12.1. Introducción

El proyecto propuesto consiste en la instalación de un biodigestor para la producción de biogás y generación de electricidad para autoconsumo en un feed lot localizado en el centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina, que no cuenta con acceso a la red pública de electricidad.

### 12.2. Objetivos

El objetivo de la idea de proyecto es implementar una nueva tecnología en el sector, con el fin de resolver el problema de los residuos generados por la cría confinada de animales y resolver el autoabastecimiento de electricidad. Los resultados de la IP se medirán en términos de la cantidad de residuos tratados y de la electricidad producida.

### 12.3. Relación con las prioridades nacionales

Estos objetivos están en el marco de las políticas de producción y desarrollo del país, las cuales han sido promovidas a través del Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial 2010-2020 que impulsa la adopción de tecnología y la generación de conocimientos para incrementar la producción con sustentabilidad. La IP propuesta es un nuevo desarrollo para la región que beneficiará tanto a los productores agropecuarios, como a la cadena de valor asociada ya que implicará el desarrollo de proveedores y servicios para la implementación de la nueva tecnología.

### 12.4. Beneficios

El desarrollo de la IP propuesta generará un conjunto de beneficios que serán difundidos naturalmente en el marco de una mejor competitividad del sector productor de carnes, actividad de alto impacto en la economía argentina. La incorporación de prácticas de producción limpia con aprovechamiento energético para autoconsumo del sector es una oportunidad que además de presentar beneficios para el desarrollo de economías locales (mano de obra para la construcción, instalación, O&M de biodigestores y sistemas de generación de electricidad, proveedores de servicios, logística para el transporte y la distribución de insumos y servicios, etc) permitirá convertirse en un potencial de referencia en la región pero también de transferencia a otros productores ganaderos del mismo sector (ganadería) y también del sector de cría intensiva de porcinos, tambos y frigoríficos.

### 12.5. Escala del proyecto y factibilidad de implementación

La escala del proyecto es pequeña, con posibilidades de incrementarse dentro del mismo establecimiento de acuerdo a las proyecciones de crecimiento. En principio se desarrollará para una escala de 5.000 cabezas con una proyección de 25.000 en 10 años. El proyecto es factible desde el punto de vista técnico, porque si bien la producción de biogás para la producción de electricidad no es la práctica usual, la tecnología está probada comercialmente.

Si bien no existen proyectos de estas características en la región, excepto la provisión del generador, todos los componentes de la tecnología se pueden disponer en el mercado local. Desde el punto de vista económico-financiero, el costo de la electricidad producida resulta sensiblemente superior al costo del servicio público actual, a pesar de no contar con las posibilidades de disponerlo en el corto plazo. Es por ello que resulta determinante facilitar el acceso a fuentes de financiamiento para la implementación del proyecto, que de no implementarse, se continuaría con la práctica habitual.

### 12.6. Actividades del proyecto

Las actividades del proyecto comprenden:

1. Definición de la escala y diseño de la tecnología (cantidad de animales/estiércol, potencial de producción de biogás, capacidad y tipo de digestor, sistema de calefacción/aislación, acondicionamiento de efluentes, tratamiento del biogás, potencia del generador, cuestiones técnicas del suministro de electricidad según la demanda de equipos)
2. Identificación de proveedores, capacidad de provisión de recursos, requerimientos de asistencia técnica, costos
3. Construcción de las instalaciones, puesta en marcha y operación del sistema de producción de biogás y generación de electricidad
4. Monitoreo del proyecto, ajuste de variables de operación.

### 12.7. Cronograma

A continuación se detalla un cronograma preliminar de las actividades a desarrollar:

**Tabla 4.23. Cronograma preliminar de actividades idea de proyecto**

Etapa/Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												

La etapa 4 se realizará una vez puesto en marcha el proyecto durante un período de un año, con la finalidad de evaluar la performance de la actividad y la incorporación de posibles modificaciones.

### 12.8. Presupuesto, requerimiento de recursos, financiamiento, participantes

El financiamiento parcial de la IP se establece a partir de:

- recursos propios del establecimiento para la infraestructura inicial, movimiento de suelos, acondicionamiento de los sistemas de almacenamiento de residuos y efluentes, conexión de los equipos actuales a la nueva red de electricidad
- fondos crediticios de tipo "blando" para la compra de bienes de capital
- beneficios de la Ley de biocombustibles (Ley Nacional N° 26.093/2006 y su decreto reglamentario 109/2007) que establece la devolución anticipada del IVA correspondiente a los bienes u obras de infraestructura incluidos en el proyecto de inversión o, alternativamente, practiquen en el impuesto a las ganancias la amortización acelerada de los mismos

1.

Será indispensable alcanzar financiamiento adicional para la construcción del biodigestor y los sistemas auxiliares de control y medición de la producción de biogás y de electricidad y para la asistencia técnica en las etapas de construcción y puesta en marcha del proyecto. Para estas actividades se pueden alcanzar formas asociativas a través de Convenios de colaboración para contar con el asesoramiento de expertos de universidades y otros organismos públicos como agencias de extensión agropecuarias (INTA) e institutos de tecnología industrial (INTI).

### 12.9. Evaluación de los resultados

Las variables de monitoreo que indiquen el cumplimiento de los objetivos globales de la IP son la producción de biogás y la generación de energía eléctrica. Cada una de las etapas descriptas anteriormente podrán ser evaluadas en función de:

- el anteproyecto de ingeniería de las nuevas instalaciones (Etapa 1)
- la cantidad de proveedores identificados, el número de presupuestos concretados, los recursos técnicos contratados (Etapa 2)
- la cantidad de contratos de servicios establecidos, los bienes de capital y los insumos adquiridos, el porcentaje de avance del Plan de Trabajo establecido (Etapa 3)

### 12.10. Posibles complicaciones / Desafíos

Las principales dificultades en la concreción del proyecto es la disponibilidad de proveedores de algunos bienes de capital, como los generadores para la producción de electricidad que no son de fabricación local aunque cuentan con representantes en el país. A su vez, las trabas a la importación de bienes de capital establecidas recientemente por la Secretaría de Comercio Exterior pueden perjudicar el proyecto.

Otro aspecto que puede afectar el cumplimiento de alguna de las etapas del proyecto es la ausencia de firmas reconocidas para la provisión de la tecnología, con lo cual el desarrollo de una cadena de proveedores local constituye un desafío que deberá ser acompañado por las mismas empresas proveedoras y por las instituciones que se involucren en el proyecto.

### 12.11. Responsabilidades y coordinación (quién hace qué, cuándo y cómo?)

Los roles establecidos para la concreción de la IP y sus respectivos responsables se describen a continuación.

**Tabla 4.24. Roles y responsables. Idea de proyecto**

Actividades	Rol	Responsable
Desarrollo del Anteproyecto de ingeniería	Responsable	Facultad de Ingeniería UNCPBA
Contratación de proveedores de servicios	Responsable	Productor
Adquisición de bienes de capital	Comprador	Productor
Suministro y provisión de bienes y servicios	Proveedores contratados	A definir a partir de la aprobación de presupuestos

Construcción, puesta en marcha y operación de la planta de biogás con generación de electricidad	Implementación	Productor
Asistencia técnica en la etapa de construcción, puesta en marcha y operación de la planta de biogás con generación de electricidad	Responsable	Facultad de Ingeniería UNCPBA
Monitoreo del funcionamiento de la planta de biogás con generación de electricidad	Responsable	Facultad de Ingeniería UNCPBA

## REPORTE IV

### SECTOR AGRICULTURA

*Tecnologías para optimizar el uso del Nitrógeno en las actividades agrícolas-ganaderas*

## 1. INTRODUCCIÓN

---

En el sector Agricultura se seleccionaron las tecnologías que tienen un efecto sobre las emisiones directas e indirectas de  $N_2O$ . Como se verá en el contenido del reporte, los fertilizantes nitrogenados tienen un rol muy importante sobre las emisiones de  $N_2O$  en agricultura. Es por esto que muchas tecnologías están relacionadas con las fuentes de Nitrógeno (N) usadas como fertilizante. De todos modos, aunque el foco de atención es el óxido nitroso, se considera también el efecto sobre las emisiones totales de GEI.

La mitigación de emisiones en agricultura puede ser abordada por dos tipos de tecnologías: de Insumos (productos) o de Procesos (prácticas de manejo).

Entre las tecnologías de insumos se encuentran productos tales como los “Fertilizantes de eficiencia mejorada” (EFF o Enhanced Efficiency Fertilizers), este tipo de productos abarcan la urea de liberación lenta (Urea ESN) e inhibidores de la volatilización tales como NBPT. Varios autores han analizado estas tecnologías en otros países (Jones et al., 2007) y en la Argentina (Ferraris et al., 2009).

El uso de fuentes nitrogenadas menos volátiles es una estrategia más sencilla a la hora de evitar pérdidas de Amoníaco ( $NH_3$ ) por volatilización y pérdidas indirectas de óxido nitroso ( $N_2O$ ). Se ha estudiado al respecto en el extranjero (Abrol et al., 2007) y en nuestro país (Rimski-Korsakov et al., 2007; Ferraris et al., 2009).

En cuanto a las tecnologías de procesos, podemos mencionar prácticas tradicionales como las técnicas de incorporación del fertilizante al suelo (Snyder, 2008) y las aplicaciones divididas durante el ciclo del cultivo (Hirzel et al., 2010). Sin embargo, una tecnología de aplicación novedosa, y también de mayor complejidad, es la llamada “Fertilización variable”, conocida internacionalmente como VRF (Variable Rate Fertilization). Esta tecnología está siendo gradualmente incorporada a la agricultura en muchos países, y entre ellos la Argentina, con buenos resultados (Ruffo y Michiels, 2010; Bullock et al., 2009).

Finalmente, los fijadores biológicos simbióticos y no simbióticos merecen una especial atención y podríamos decir que son tecnologías tanto de insumos como de procesos. Su difusión a nivel mundial y sus potenciales aplicación son de sumo interés en gramíneas (Diaz Zorita, 2009; Ferraris y Courterot, 2004) y en leguminosas megatérmicas. En Paraguay se está utilizando el uso de fijadores en leguminosas megatérmicas en pasturas tropicales consociadas, lo cual es un campo poco explorado en el norte de nuestro país y con un gran potencial de aplicación.

En cuanto a las emisiones de la Ganadería, la mitigación o reducción de emisiones del stock ganadero nacional es difícil de lograr a través de cambios en la dieta que puedan generar diferencias en los niveles emitidos de metano ( $CH_4$ ) y de óxido nitroso ( $N_2O$ ) y amoníaco ( $NH_3$ ) de la excreta. En Canadá, hay autores que sugieren que un análisis más completo debería llevarse a cabo, tomando las emisiones totales de GEI del Ciclo de Vida completo del sistema de producción (Beauchemin et al., 2011; Beauchemin y MCGeugh, 2012).

En este sentido, en ganadería resulta más informativo comparar las emisiones por kilo de carne producido y no por unidad de superficie, como lo es en agricultura, debido a la diversidad de planteos ganaderos que van desde la producción extensiva a pasto hasta sistemas intensivos de engorde con encierres a corral (feedlots).

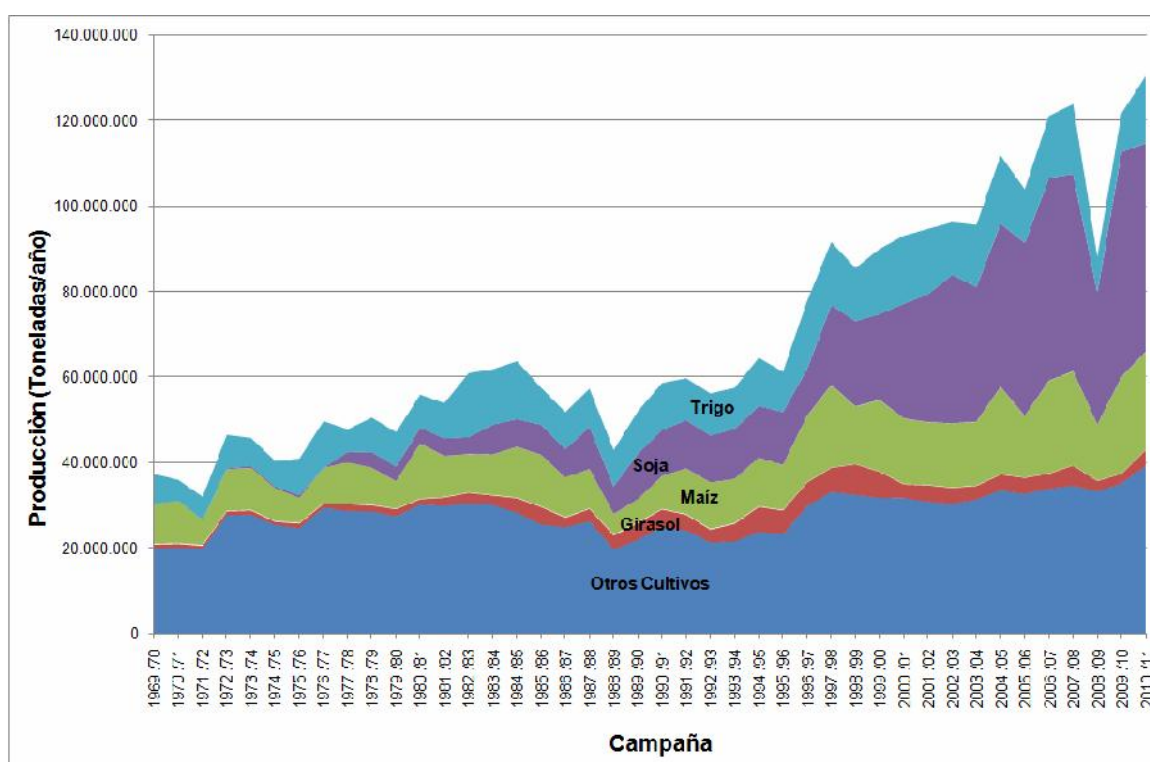
El análisis realizado en el presente estudio ENT se concentra en tecnologías que permiten incrementar la productividad del stock ganadero nacional de bovinos de carne, con el objeto de disminuir las emisiones por unidad de carne producida. Las tecnologías que permiten incrementar la eficiencia del rodeo nacional dan origen a un efecto de "dilución" de las emisiones actuales, al disminuir los GEI emitidos por unidad de carne producida.

## 2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR EN ARGENTINA

### 2.1. Agricultura

La producción agrícola de Argentina se encuentra fuertemente concentrada en cuatro productos: Girasol-Maíz-Soja-Trigo, los cuales representaron aproximadamente un 70% del volumen total producido entre las campañas 2001/2002 y 2010/2011. En *Figura 5.1.* se puede observar la evolución que estos cultivos han tenido en los últimos años, y el aumento de la producción fundamentalmente basado en la soja.

**Figura 5.1. Evolución de la producción de Girasol-Maíz-Soja-Trigo.**



**Fuente: Elaboración Propia en base a información SIIA-MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2009)**

A su vez, la superficie correspondiente a estos cultivos, según datos de la campaña 2010/2011, se encuentra distribuida entre un 67% y un 72% entre las Provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe (Girasol: 67% – Maíz: 71% – Soja: 75% – Trigo: 72%).

Según FAO, al año 2005 la Argentina estaba posicionada a nivel mundial, como 3er productor de Soja, 3er productor de Girasol, el 12vo productor de trigo, 5to productor de Maíz. En términos de área sembrada total, Argentina suma cerca 30 millones de hectáreas, de las cuales cerca de un millón corresponde a cultivos plurianuales y el resto a cultivos anuales. Esta superficie representa alrededor de un 11% del territorio nacional y aproximadamente un 1,6% del área cultivada total mundial.



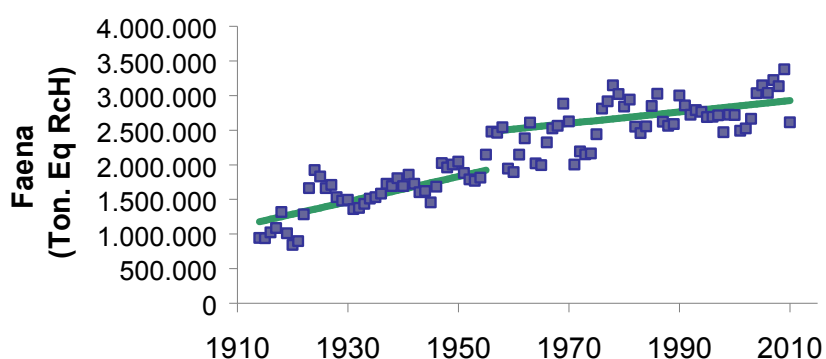
En términos de tecnología, el rasgo saliente de la agricultura Argentina es que cerca de un 70% del área agrícola se realiza bajo el sistema de “Labranza Cero”, más conocido como siembra directa. Esto tiene un efecto beneficioso al evitar los procesos de erosión hídrica y eólica, disminuir el consumo de combustible fósil, y acumular materia orgánica en el suelo (residuos en superficie y biomasa de raíces en el subsuelo), dando lugar a una mayor agregación del suelo y un balance de Carbono positivo o menos negativo del suelo. Este último aspecto es en función del tipo de suelo, clima y secuencia de cultivos.

En el año 2008, Argentina era el tercer país en superficie total bajo este sistema con 19 millones de hectáreas, siguiendo a Brasil con 25 millones y EEUU con 26 millones, sobre un total mundial estimado de 110 millones de hectáreas (Derpsch y Friedrich, 2009). En términos de porcentaje del área sembrada, Argentina es el líder mundial en adopción de esta tecnología, lo cual llevó casi tres décadas de ajustes. Durante este período, esto significó, en primer término, un cambio cultural de los productores, que fue acompañado por un sostenido desarrollo de maquinaria local apropiada, un incremento en el uso de fertilizantes y el aprendizaje de sistemas de control de malezas para distintos cultivos. A diferencia de otros países como EEUU, donde periódicamente se rotura el suelo, la siembra directa en Argentina se ha adaptado como sistema de cultivo permanente sin roturación del suelo (Derpsch et al., 2010).

## 2.2. Ganadería

La producción de carne bovina en Argentina creció durante los últimos 100 años de manera sostenida, pero su tasa de crecimiento se redujo. Durante la primera parte de este período la faena aumentó aproximadamente un 2,7% por año. Sin embargo, durante la segunda etapa del período, que comprende desde el año 1956 hasta la fecha, la tasa de crecimiento anual de la faena se redujo a alrededor del 0,9% (Figura 5.2).

Figura 5.2. Evolución de la faena en el período 1914 – 2010.



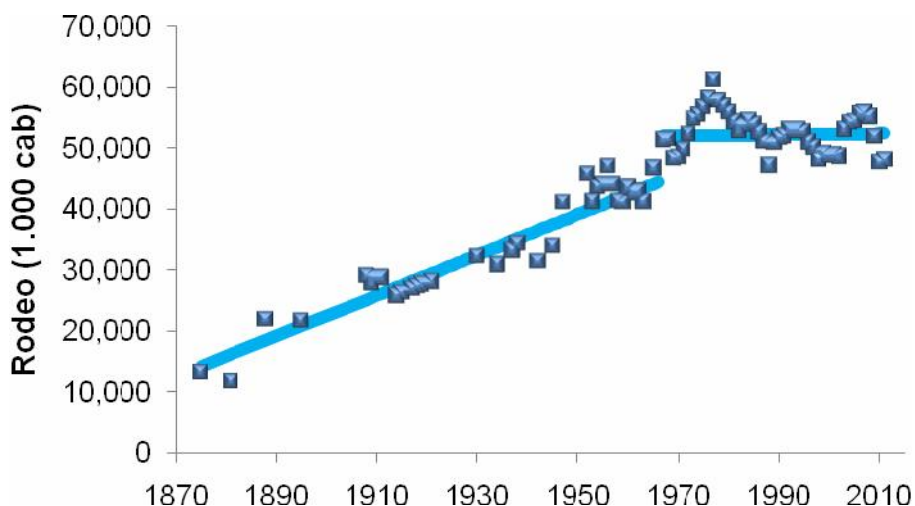
Las líneas muestran un cambio en la tendencia en el año 1956.

Fuente: Fuente: Elaboración propia en base a información del IPCVA y el SIIA.

La faena anual se explica por la multiplicación de tres variables: stock nacional en cabezas, tasa de extracción (cantidad de cabezas faenadas sobre el stock nacional) y peso de carcasa en kg por cabeza faenada.

Entre el año 1875 y 1967 el stock nacional creció a una tasa de 1,9% / año. Sin embargo, a partir de ese año la tendencia del stock nacional es a mantenerse constante, mostrando variaciones debidas a cuestiones propias de la dinámica ganadera (*Figura 5.3*).

**Figura 5.3. Evolución del stock en el período 1875 – 2010**



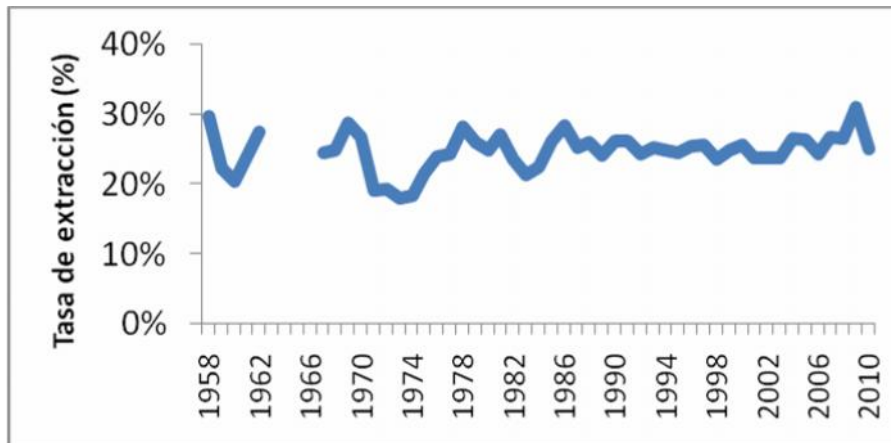
Las líneas muestran un cambio en la tendencia en el año 1967.

**Fuente: Elaboración propia en base a información del SIIA**

La detención en el crecimiento del rodeo está relacionada al incremento en la competencia por el uso de la tierra con los planteos agrícolas, y a que las nuevas tierras incorporadas a la ganadería tienen una mayor dificultad para ser puestas en producción y se encuentran en regiones usualmente consideradas como marginales.

En el nivel país la eficiencia productiva se estima a través de la tasa de extracción. Esta mide la fracción del stock total de cabezas que son faenadas anualmente. En Argentina la tasa de extracción se mantuvo alrededor del 25% de promedio durante los últimos 50 años con variaciones correspondientes a las diferentes posiciones en el ciclo ganadero (*Figura 5.4*).

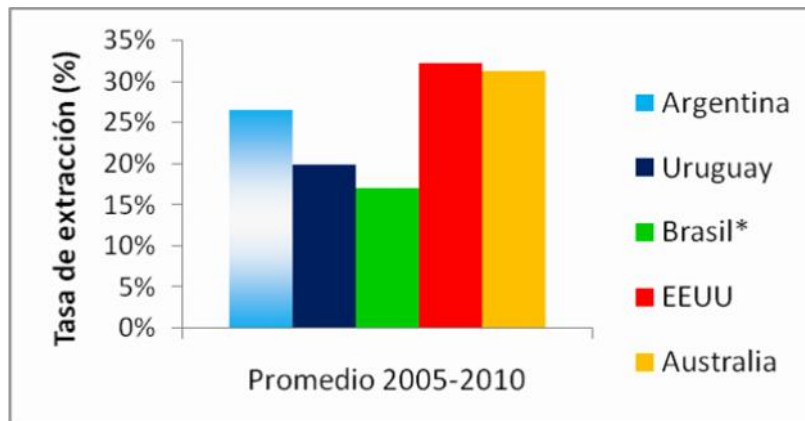
Figura 5.4. Evolución de la tasa de extracción.



Fuente: Elaboración propia en base a información del IPCVA

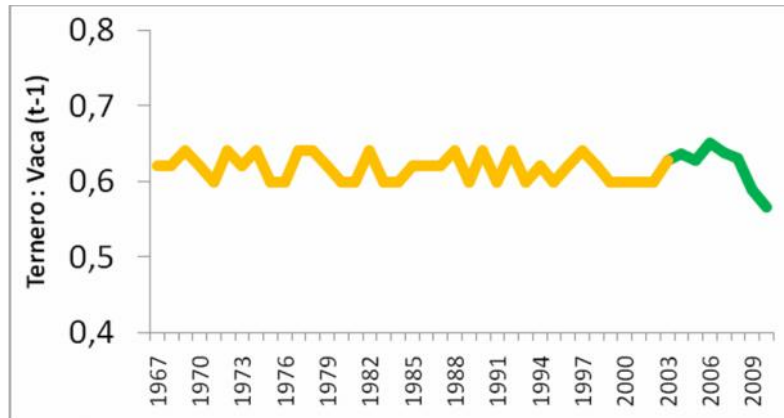
En comparación con otros países de tradición ganadera, la tasa de extracción del país se encuentra en valores intermedios entre los valores más altos correspondientes a EEUU y Australia y a aquellos más bajos de Uruguay y Brasil (Figura 5.5). Debido a que la importación de animales en pie es insignificante en Argentina, la tasa de extracción se explica principalmente por la eficiencia reproductiva (cantidad de terneros producidos por vaca por año) y en menor medida por la edad media de faena. La Figura 5.6. muestra la estimación de la tasa de destete asumiendo que la edad a la faena no ha variado significativamente. La tasa de destete es un indicador clave de la eficiencia productiva de los planteos de cría bovina.

Figura 5.5. Tasa de extracción promedio 2005 – 2010 de cinco países seleccionados.



Fuente: Elaboración propia en base a información de SENASA (2011), INAC (2011), USDA (2011), Zimmer et al. (1998), Australian Bureau of Statistics (2011).

**Figura 5.6. Evolución de la tasa de destete.**

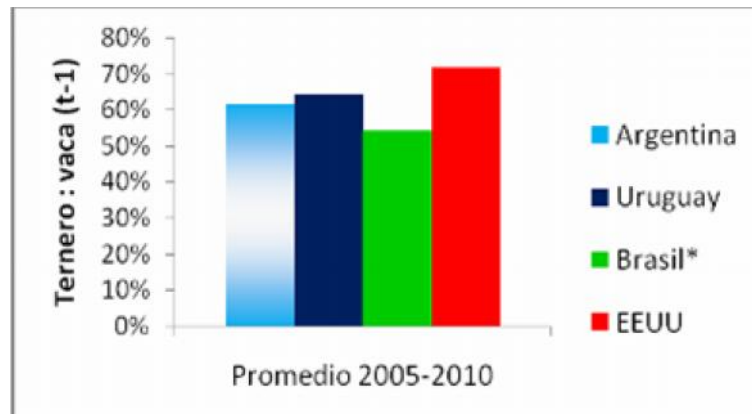


En naranja se presentan los valores estimados a partir de la información de tasa de extracción y stock. En verde se encuentran los valores calculados a partir de la información de SENASA.

**Fuente: Elaboración propia**

La relación entre la cantidad de terneros y el número de vacas en el año anterior, es un proxy (estimador) de la tasa de destete. Argentina tiene valores similares a Uruguay, superiores a Brasil y significativamente menores que los de EEUU (*Figura 5.7.*). Con respecto a Uruguay, la mayor tasa de extracción en Argentina, a pesar de tener una tasa de destete similar o menor, se explica por la mayor duración media del proceso de engorde en Uruguay.

**Figura 5.7. Relación entre el stock de terneros y de vacas en el año anterior, para el promedio 2005 – 2010 de cuatro países seleccionados.**



**Fuente: Elaboración propia en base a información de SENASA (2011), INAC (2011), USDA (2011), Zimmer et al. (1998).**

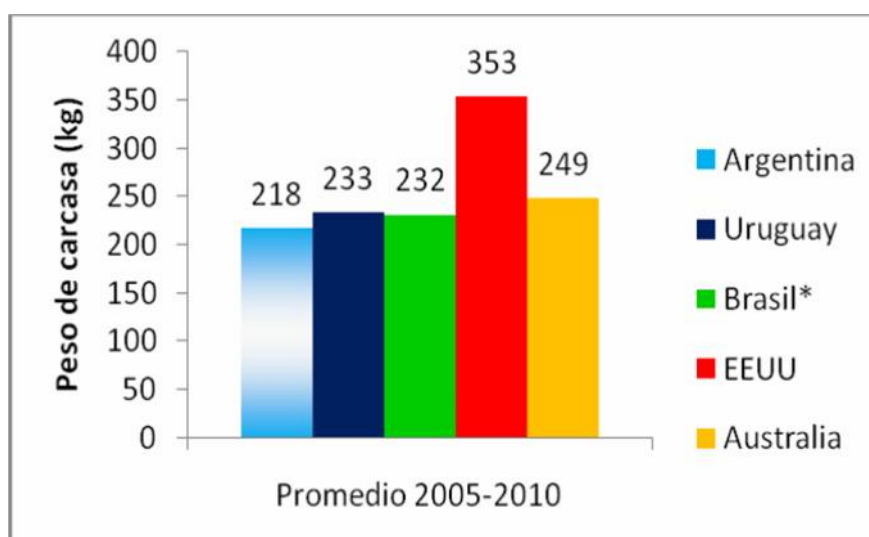
Otra variable que define la cantidad de kg faenados anualmente es el peso medio de carcasa (*Figura 5.8.*). Argentina tiene un peso medio de carcasa de los más bajos dentro del grupo de países ganaderos seleccionados. En los últimos años (2011-2012) el peso medio de faena registró un incremento (hasta 230 kg), pero se debe a una situación coyuntural de escasez de stock que generó una relación de precio entre el precio de ternero y el del animal terminado

que derivó en un aumento en el peso de terminación. Sin embargo, no existen indicadores que muestren cambios estructurales que permitan sostener este peso medio de faena.

La diferencia de peso de carcasa entre países es explicada por el sistema de alimentación y el genotipo de los animales. La diferencia con Uruguay se debe principalmente a que los sistemas de producción de Argentina generan un engorde más rápido pero con menor peso de carcasa. En Brasil además del sistema de producción (la edad media de faena en Brasil es significativamente mayor) existen diferencias en los genotipos.

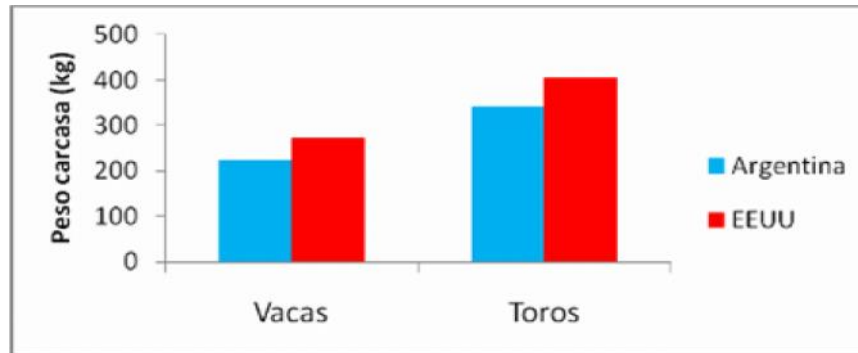
La principal diferencia en peso de carcasas se encuentra entre Argentina y EEUU. Si se busca justificar la misma a través del sistema de alimentación exclusivamente, entonces se asume que los novillos en Argentina pueden ser terminados a un mayor peso vivo con lo que generarían un mayor peso medio de carcasa. Dado que el peso de carcasa de toros y vacas no se modifica, ya que este depende del genotipo, alcanzar el peso medio de carcasa de EEUU requiere aumentar el peso vivo de terminación en 373 kg de todos los novillos de Argentina. Las razas y genotipos típicos de Argentina impiden lograr en condiciones comerciales novillos de un peso de faena tan alto.

**Figura 5.8. Peso de carcasa promedio 2005 – 2010 de cinco países seleccionados**



**Fuente:** Elaboración propia en base a información SENASA (2011), INAC (2011), USDA (2011), Zimmer et al. (1998), Australian Bureau of Statistics (2011).

Figura 5.9. Peso de carcasa promedio 2005 – 2010 de toros y vacas en Argentina y EEUU



Fuente: Elaboración propia en base a información de SENASA (2011) y USDA (2011).

Otra posibilidad es buscar la explicación a través de la modificación del genotipo. Para evaluar esta diferencia se tomaron los pesos vivos de las categorías vaca y toro, como indicadores del tamaño corporal adulto. Las carcasas de EEUU pesan 46 kg y 63 kg más que las de Argentina para vacas y toros respectivamente. Asumiendo un grado de terminación similar en ambos países, implica que el tamaño corporal medio en EEUU es 2 puntos de Frame Score mayor que el de Argentina (Figura 5.9).

De esta manera, la diferencia en el genotipo explica la mayor parte de la diferencia entre el peso medio de faena entre Argentina y EEUU. Un aumento en el tamaño corporal de vacas y toros, conduciría a mayores requerimientos de mantenimiento, que de mantener la base alimenticia actual implicaría peores valores de eficiencia reproductiva.

### 3. SITUACIÓN ACTUAL DE EMISIONES EN EL SECTOR AGRÍCOLA EN ARGENTINA

---

#### 3.1. Fuentes de emisión de N en Agricultura y Ganadería

El óxido nitroso ( $N_2O$ ) se produce naturalmente en los suelos a través de los procesos de nitrificación y desnitrificación. La nitrificación es la oxidación microbiana aeróbica del amonio en nitrato y la desnitrificación es la reducción microbiana anaeróbica del nitrato en gas de nitrógeno ( $N_2$ ). Uno de los principales factores de control de esta reacción es la disponibilidad de N inorgánico en el suelo.

Estas emisiones de  $N_2O$  producidas por agregados antropogénicos de N o por mineralización del N se producen tanto por vía directa (es decir, directamente de los suelos a los que se agrega o libera el N) y a través de dos vías indirectas: (i) a partir de la volatilización de  $NH_3$  y  $NO_x$  de suelos gestionados, y la subsiguiente redeposición de estos gases y sus productos  $NH_4^+$  y  $NO_3^-$  en suelos y aguas; y (ii) después de la lixiviación y el escurrimiento del N, principalmente como  $NO_3^-$ , de suelos gestionados.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) a través del "Equipo especial sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero" ha desarrollado dos guías directrices para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs):

- Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - versión revisada en 1996 (IPCC, 1996).
- Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2006).

Estas guías a su vez han sido complementadas con una serie de publicaciones para gestionar los datos y las incertidumbres.

En la *Tabla 5.1* se pueden observar las fuentes de emisión de  $N_2O$  consideradas en las guías, y las que se incluirán en el presente estudio. En ambas metodologías del IPCC las emisiones de  $N_2O$  se estiman utilizando agregados netos de N a los suelos inducidos por el hombre. Entre los principales cambios en las Directrices del IPCC de 2006 con respecto a las Directrices del IPCC de 1996 se incluyen los siguientes:

- Emisiones de  $CO_2$  relacionadas con el uso de la urea como fertilizante
- Remoción de la fijación biológica de nitrógeno como fuente directa de  $N_2O$  dada la falta de prueba de emisiones significativas causadas por el proceso de fijación.
- Inclusión de la mineralización de N por pérdida de materia orgánica resultado de cambios de uso de tierras.

**Tabla 5.1. Comparativa Fuentes de emisión Metodologías IPCC 1996/2006**

Fuente	IPCC 1996	IPCC 2006	Estudio TNA
Fertilizantes de N sintético ( $F_{SN}$ ).	Si	Si	Si
N orgánico aplicado como fertilizante (p. ej., estiércol animal, compost, lodos cloacales, desechos) ( $F_{ON}$ ).	Si	Si	No relevante en los sistemas analizados
N de la orina y el estiércol depositado en las pasturas, praderas y prados por animales de pastoreo ( $F_{PRP}$ ).	Si	Si	Si
N en residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluidos los cultivos fijadores de N y de forrajes durante la renovación de las pasturas ( $F_{CR}$ ).	Si	Si	Si
La mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales ( $F_{SOM}$ ).	Si	Si	No se cuenta con Información Suficiente para evaluarlo
El drenaje/la gestión de suelos orgánicos (es decir, Histosoles) ( $F_{OS}$ ).	Si	Si	No relevante en los sistemas analizados
N fijado por cultivos fijadoras de N ( $F_{NB}$ )	Si	No	Se analizarán las diferencias metodológicas.
Emisiones de $CO_2$ relacionadas con el uso de la urea como fertilizante <sup>126</sup> .	No	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Emisiones de $N_2O$ por subsectores agrícola-ganadero según Segunda Comunicación Nacional, utilizando Directrices de IPCC (1996).

En el marco de las obligaciones asumidas con la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Gobierno de la República Argentina ha elaborado los inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal. A la fecha se han presentado una Primera Comunicación Nacional en julio de 1997, una revisión en el año 1999, y a fines del 2006, se terminó de elaborar la Segunda Comunicación Nacional, conteniendo el Inventario de Gases de Efecto Invernadero correspondiente al año 2000 (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2007).

Éste fue realizado utilizando la metodología IPCC correspondiente al año 1996 y según el cual las emisiones de la República Argentina ascendieron a 282 millones de ton. de  $CO_2eq$ <sup>127</sup>. En la *Figura 5.10* se puede observar la contribución de cada uno de los principales sectores. Como se puede apreciar el 44% de las emisiones corresponde con el sector agropecuario. Si se clasifican las emisiones por tipo de fuente se puede ver en la *Tabla 5.2.* que las emisiones correspondientes al  $N_2O$  por "Uso de suelos agrícolas" es la segunda fuente en importancia, con una contribución relativa del 23% sobre el total de emisiones del país.

<sup>126</sup> Si bien el estudio se centra en las emisiones de  $N_2O$ , en el caso de las tecnologías de fertilización, no es posible evaluar correctamente las emisiones si no se incluye dicho concepto.

<sup>127</sup> Sin contemplar el balance de emisiones correspondientes a la Categoría: "Cambio del uso del suelo y silvicultura (CUISS)".



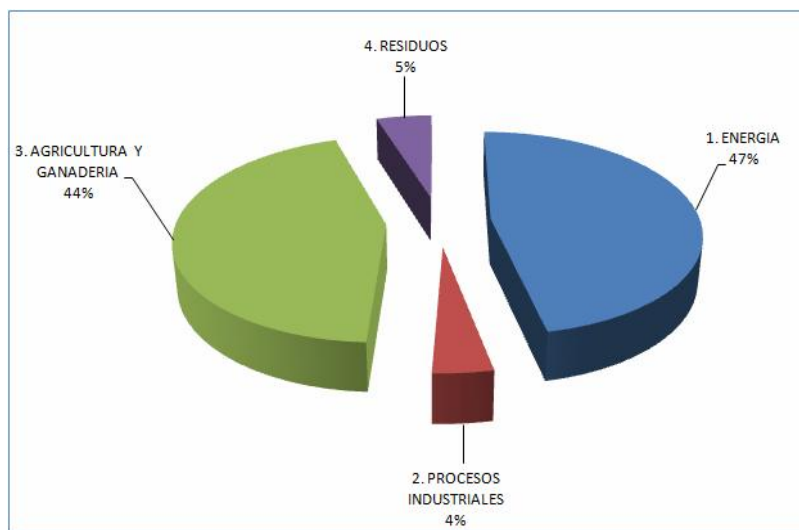
**Tabla 5.2. Emisiones por Fuente**

PRINCIPALES FUENTES DE EMISION	GEI	Año 2000 (Millones de Tn CO <sub>2</sub> eq.)	% / total de emisiones	% acumulado
CO <sub>2</sub> procedente de fuentes fijas de combustión.	CO <sub>2</sub>	78,69	28%	28%
N <sub>2</sub> O procedente de suelos agrícolas.	N <sub>2</sub> O	65,57	23%	51%
CH <sub>4</sub> provenientes de la fermentación entérica del ganado doméstico.	CH <sub>4</sub>	57,53	20%	72%
CO <sub>2</sub> procedente de fuentes móviles de combustión: transporte carretero.	CO <sub>2</sub>	35,22	13%	84%
CH <sub>4</sub> proveniente de emisiones fugitivas de las actividades del petróleo y gas natural.	CH <sub>4</sub>	10,78	4%	88%
CH <sub>4</sub> provenientes de vertederos de desechos sólidos.	CH <sub>4</sub>	7,50	3%	91%
CH <sub>4</sub> provenientes del tratamiento de aguas residuales (domiciliarias + industriales).	CH <sub>4</sub>	5,55	2%	93%
CO <sub>2</sub> provenientes de la industria siderúrgica.	CO <sub>2</sub>	5,06	2%	94%
CO <sub>2</sub> provenientes de la producción de cemento.	CO <sub>2</sub>	2,69	1%	95%

**Fuente: Elaboración Propia en base a Segunda Comunicación Nacional**

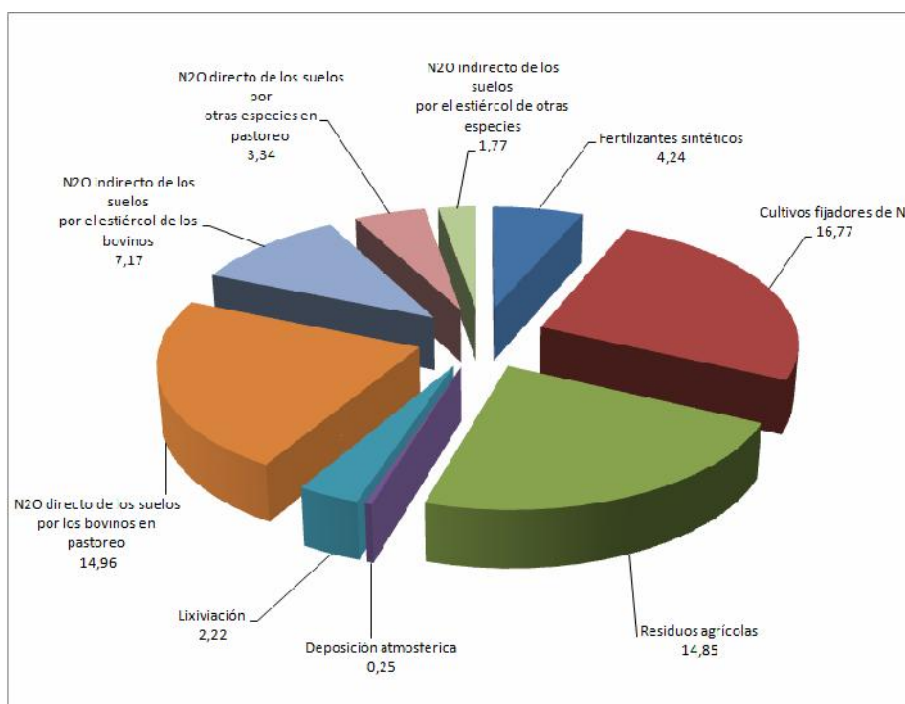
A su vez en la *Figura 5.11* y la *Tabla 5.3*. se indican las sub-categorías incluidas en dicha fuente, junto con el valor en millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. para el inventario del año 2000.

**Figura 5.10. Emisiones GEIs Argentina Año 2000 x Sector**



**Fuente: Elaboración Propia en base a Segunda Comunicación Nacional**

**Figura 5.11. Emisiones por Sub-Categoría incluidas en “Uso de Suelos Agrícolas”**



Fuente: Elaboración Propia en base a Segunda Comunicación Nacional

**Tabla 5.3. Emisiones por Sub-Categoría incluidas en “Uso de Suelos Agrícolas”**

SUB-CATEGORÍAS "USO DE SUELOS AGRÍCOLAS"	Estimación del año 2000 (Millones de CO <sub>2</sub> eq.)	% sobre Categorías	Actividad
Cultivos fijadores de N	16,77	26%	Agricultura
Residuos agrícolas	14,85	23%	Agricultura
Fertilizantes sintéticos	4,24	6%	Agricultura
Lixiviación	2,22	3%	Agricultura
Deposición atmosférica	0,25	0%	Agricultura
N <sub>2</sub> O directo de los suelos por los bovinos en pastoreo	14,96	23%	Ganadería
N <sub>2</sub> O indirecto de los suelos por el estiércol de los bovinos	7,17	11%	Ganadería
N <sub>2</sub> O directo de los suelos por otras especies en pastoreo	3,34	5%	Ganadería
N <sub>2</sub> O indirecto de los suelos por el estiércol de otras especies	1,77	3%	Ganadería

Fuente: Elaboración Propia en base a Segunda Comunicación Nacional

Del total de las emisiones de N<sub>2</sub>O correspondiente al sector Agropecuario, un 58% corresponde a las actividades agrícolas, siendo las sub-categorías principales “Cultivos Fijadores de N” y “Residuos de Cosecha”. Cabe aclarar que dentro de esta categoría se encuentra también la

gestión de las pasturas dedicadas a bovinos. El 42% correspondiente a Ganadería, incluye como categoría principal el “Uso de los suelos por el estiércol de los bovinos”, es decir debidas al ganado bovino en pasturas.

### **3.3. Re-cálculo de las emisiones de N<sub>2</sub>O por “Uso de Suelos Agrícolas” según metodología IPCC 2006**

Tal como se mencionó precedentemente, el IPCC ha actualizado las Guías Directrices para Inventarios, siendo la última disponible la correspondiente al año 2006. Debido a que el último inventario oficial se realizó ía a la del año 1996, los cálculos fueron realizados según la guía de ese año.

En los puntos subsiguientes se evaluarán los principales cambios metodológicos y sus implicancias sobre la categoría en análisis “Uso de Suelos Agrícolas”. Cabe destacar que los valores obtenidos no se exponen como medida de mitigación, sino a los fines de partir de líneas de base actualizadas. A continuación se detallan las diferencias para cada una de las fuentes:

#### **a. Suelos (Mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica)**

De acuerdo al Volumen 4 (IPCC 2006), *“los cambios en el uso de la tierra y toda una diversidad de prácticas de gestión pueden tener un impacto significativo sobre el almacenamiento de C orgánico en el suelo. El C y el N orgánicos están íntimamente ligados con la materia orgánica del suelo. Donde se pierde C del suelo por oxidación debido a cambios en el uso o la gestión de la tierra, esta pérdida tendrá lugar acompañada por una simultánea mineralización de N”*. La metodología de estimación de las emisiones de N<sub>2</sub>O contempla en primera medida el cálculo de las variaciones de carbono, para lo cual es necesario conocer el tipo de suelo, variables climáticas, y uso del suelo para estimar las variaciones respecto al uso actual.

Para poder estimar las emisiones según la metodología IPCC 2006, y de acuerdo a la disponibilidad de datos, se han simplificado los cálculos tomando las variaciones de áreas cultivadas según la estadística del SIIA (MAGyP) entre el año 1990 y el 2000 que ascienden a 6,16 millones de hectáreas. Luego se asumió que las áreas ganadas se corresponden con un cambio de uso de suelo de un bioma del tipo “Pastizal” no degradado, a un cultivo en “Siembra Directa”. Respecto al tipo de suelo, se consideró que todos son del tipo “Minerales arcillosos de alta actividad (HAC, del inglés high activity clay)” con un clima “Templado cálido, seco, es decir donde la evapotranspiración potencial supera a las lluvias. Teniendo en cuenta estas simplificaciones, para el año 2000, se estimó una emisión de 2,17 millones de ton. de CO<sub>2</sub>eq., correspondiente a N<sub>2</sub>O.

Es importante recalcar que este nuevo Factor de Emisión no se aplica a la totalidad del area agrícola, sino solamente al incremento de la misma proveniente de cambio de Uso de Suelos. El periodo 1990-2011 acumuló un incremento de alrededor de 13 millones de hectáreas, superficie sobre la cual se aplica este nuevo factor para el presente estudio ENT. Para el recálculo del inventario se toma 1990-2000 correspondiente a 6,16 millones de hectáreas, las cuales incluyen todos los cultivos anuales y plurianuales.

## b. Cultivos fijadores de N

Según se indica en el Volumen 4 de las Guías del IPCC 2006, la fijación biológica del N se ha quitado como fuente directa de N<sub>2</sub>O esto es debido a la falta de pruebas de emisiones significativas causadas por el proceso de fijación en sí (Rochette y Janzen, 2005). Estos autores llegaron a la conclusión de que las emisiones de N<sub>2</sub>O inducidas por el crecimiento de los cultivos leguminosos/forrajes solamente puede estimarse en función de los ingresos de nitrógeno aéreo y subterráneo de residuos de cultivos/forraje (el N de residuos de forraje sólo se contabiliza durante la renovación de las pasturas)<sup>128</sup>

En el caso del inventario de Argentina equivale a reducir en 16,77 millones de ton. de CO<sub>2</sub>eq, casi el 6% del total<sup>129</sup> de las emisiones de Argentina para el año 2000.

## c. Residuos agrícolas

Respecto a los cálculos incluidos en la sub-categoría los principales cambios tienen que ver con una revisión de la bibliografía relativa a factores de emisión para óxido nitroso de suelos agrícolas, y en especial para el cálculo del “N en residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluidos los cultivos fijadores de N y de forrajes durante la renovación de las pasturas (F<sub>CR</sub>)”, a partir del cual se estiman las emisiones de la sub-categoría.

Por cuestiones de simplificación solo analizaremos los cambios metodológicos referidos a los factores de emisión utilizados en el cálculo y que corresponden a los valores por default.

En el caso de las emisiones directas, el factor utilizado es el denominado “EF<sub>1</sub>: Para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo”. En la Tabla 5.4. se indica el cambio de los valores por default.

Este cambio en los valores por default, representa una disminución del 20% de la categoría, es decir una disminución de casi 3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>equivalentes sobre los valores del último inventario.

## d. Fertilizantes sintéticos

Esta categoría tiene tres cambios metodológicos significativos:

- 1) Cambios en el factor de emisión EF<sub>1</sub>: Para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo, lo cual representa una reducción del 20%.
- 2) Las cantidades de fertilizantes de nitrógeno mineral (F<sub>SN</sub>) no se ajustan según las magnitudes de volatilización de NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> después de la aplicación al suelo, lo cual representa un aumento del 10% de la categoría.
- 3) Se incluye la liberación de CO<sub>2</sub> relacionada con el uso de la urea como fertilizante (0,73 Toneladas de CO<sub>2</sub> por Tonelada de Urea Aplicada).

<sup>128</sup> Nota al pie Volumen 4 - Capítulo 11 – Página 6 - Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

<sup>129</sup> Sin contemplar el balance de emisiones correspondientes a la Categoría: “Cambio del uso del suelo y silvicultura (CUSS)”.

Estos cambios metodológicos representan un aumento de la categoría de aproximadamente 0,5 millones de ton de CO<sub>2</sub>eq para el año 2000.

**Tabla 5.4. Valores por Default para aportes de N según Metodologías IPCC 1996/2006.**

Denominación	Metodología	Valor	Referencia en Guia IPCC
FE <sub>1</sub> : Factor de emisión correspondiente a las emisiones procedentes de aportes de N	IPCC 1996	0,0125	Cuadro 4.17 Actualización de los factores de emisión por defecto para la estimación de las emisiones directas de N <sub>2</sub> O procedentes de los suelos agrícolas – Página 4.67 – Vol. 4
EF <sub>1</sub> : Para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo	IPCC 2006	0,0100	Cuadro 11.1: Factores de emisión por defecto para estimar las emisiones directas de N <sub>2</sub> O de los suelos gestionados - Página 11.12 - Vol. 4

Fuente: Elaboración Propia

#### e. Lixiviación

Las modificaciones en esta categoría tienen origen en el cambio de los valores por default de la metodología, es decir el EF<sub>5</sub> Factor de lixiviación y escurrimiento. En la *Tabla 5.5.* se observan los valores de cada metodología. Esta modificación de coeficientes origina una reducción del 70% de la categoría, aproximadamente 1,56 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. para el año 2000.

**Tabla 5.5. Valores por Default para estimación de emisiones por Lixiviación según Metodologías IPCC 1996/2006**

Denominación	Metodología	Valor	Referencia en Guia IPCC
EF <sub>5</sub> : Factor de lixiviación y escurrimiento	IPCC 1996	0,0250	Cuadro 4.18: Factores de emisión por defecto para la estimación de las emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O procedentes del N usado en la agricultura - Página 4.81 - Vol. 4
EF <sub>5</sub> : Factor de lixiviación y escurrimiento	IPCC 2006	0,0075	Cuadro 11.3 Factores de emisión, volatilización y lixiviación por defecto para emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O del suelo - Página 11.26 - Vol. 4

Fuente: Elaboración Propia

#### **f. Deposición atmosférica**

Esta sub-categoría no tiene cambios metodológicos.

#### **g. N<sub>2</sub>O directo de los suelos por los bovinos en pastoreo**

Las metodologías IPCC 1996/2006 no presentan cambios metodológicos referidos a los factores de emisión utilizados en el cálculo ni para la estimación de N de la orina y el estiércol depositado en las pasturas, praderas y prados por animales de pastoreo ( $F_{PRP}$ ). No obstante debido a que los cálculos de la sub-categoría han sido realizados con datos generales de actividad y valores por defecto, en el caso de ajustar los valores de proteína de la dieta de los animales a valores regionales, podría registrarse un aumento de los valores estimados.

#### **h. N<sub>2</sub>O indirecto de los suelos por el estiércol de los bovinos**

Dentro de la sub-categoría se incluyen dos conceptos: Volatilización y Lixiviación. La volatilización (también llamada Deposición Atmosférica) no presenta cambios metodológicos. Respecto a la Lixiviación existe un cambio en el coeficiente  $EF_5$  Factor de lixiviación y escurrimiento, *ver tabla 5.5.* con cambio de factores en el concepto de Lixiviación para agricultura. Este cambio metodológico representa una reducción de aproximadamente 4 millones de ton. de CO<sub>2</sub>eq. para el inventario del año 2000.

#### **i. N<sub>2</sub>O directo de los suelos por otras especies en pastoreo**

De la misma forma que para los bovinos, la sub-categoría no tiene cambios en los aspectos metodológicos.

#### **j. N<sub>2</sub>O indirecto de los suelos por el estiércol de otras especies**

Esta sub-categoría tiene incluida los conceptos de Volatilización y Lixiviación. De la misma forma que para los bovinos, no hay cambios metodológicos para la estimación de la Volatilización, y sobre la metodología para lixiviación el cambio del factor  $EF_5$  Factor de lixiviación y escurrimiento. Esto representa una reducción de casi 1 millón de ton de CO<sub>2</sub>eq.

### **3.4. Resumen Comparativa N<sub>2</sub>O entre Metodologías IPCC 1996 y 2006**

De acuerdo a lo explicado anteriormente, en la *Tabla 5.6.* de resumen los valores de las sub-categorías correspondientes a N<sub>2</sub>O en el sector agropecuario.

Con el cambio de metodología, la categoría "Uso de Suelos Agrícolas" tendría una reducción<sup>130</sup> de aproximadamente 23,4 millones de ton. de CO<sub>2</sub>eq. para el inventario del año 2000<sup>131</sup>, lo cual representa un 8,3% del total de emisiones de la República Argentina.

<sup>130</sup> Sin incluir el cálculo de la mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales ( $F_{SOM}$ ), debido a que no se cuenta con información suficiente para realizar dicha estimación.

<sup>131</sup> Sin contemplar el balance de emisiones correspondientes a la Categoría: "Cambio del uso del suelo y silvicultura (CUSS)".

Por otra parte se modifican las categorías claves del inventario, pasando la categoría “Uso del Suelos Agrícolas” al tercer lugar con un 17% del total (versus un 23% original), muy cerca de la categoría de “Fuentes Móviles de Combustión”. Además las categorías “Fuentes Fijas de combustión” y “Fermentación Entérica” aumentan su participación porcentual entre 2% y 3% debido a la baja de las emisiones totales.

**Tabla 5.6. Comparativa metodologías IPCC 1996 y 2006 para estimación N<sub>2</sub>O**

Sub-Categoría	IPCC 1996		IPCC 2006		Diferencia
	Millones TnCO <sub>2</sub> eq	%	Millones TnCO <sub>2</sub> eq	%	Millones TnCO <sub>2</sub> eq
La mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica	-	0%	2,17	5%	2,17
Cultivos fijadores de N	16,77	26%	-	0%	-16,77
Residuos agrícolas	14,85	23%	11,88	28%	-2,97
Fertilizantes sintéticos <sup>132</sup>	4,24	6%	4,77	11%	0,53
Lixiviación	2,22	3%	0,67	2%	-1,56
Deposición atmosférica	0,25	0%	0,25	1%	-
N <sub>2</sub> O directo de los suelos por los bovinos en pastoreo	14,96	23%	14,96	36%	-
N <sub>2</sub> O indirecto de los suelos por el estiércol de los bovinos	7,17	11%	3,21	8%	-3,96
N <sub>2</sub> O directo de los suelos por otras especies en pastoreo	3,34	5%	3,34	8%	-
N <sub>2</sub> O indirecto de los suelos por el estiércol de otras especies	1,77	3%	0,79	2%	-0,98
Total	65,57		39,86		-23,54

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5. Evolución de las emisiones 1990/2011 (Metodología IPCC 2006)

Para poder analizar la evolución de las emisiones de GEIs es necesario contar con un enfoque distinto al de los Inventarios, ya que las emisiones por sí solas no constituyen un indicador completo. Es necesario entonces, asociarlas a un nivel productivo, de forma tal, de poder estimar las emisiones por unidad de producto obtenido, y por ende analizar la contribución de las tecnologías sobre dicho indicador.

<sup>132</sup> Incluye el concepto Emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el uso de la urea como fertilizante en la metodología IPCC 2006.

Por otra parte, en algunos casos fue necesario incorporar al análisis fuentes GEIs adicionales a las correspondientes a N<sub>2</sub>O, ya que determinadas tecnologías pueden tener emisiones de otro tipo de gases. Un ejemplo es el uso de la Urea como fertilizante, donde además de las emisiones correspondientes a N<sub>2</sub>O también hay un componente adicional de emisiones por liberación de CO<sub>2</sub>.

Para la valoración de emisiones se utiliza como base la metodología IPCC 2006, métodos de Nivel 1 y en aquellos casos en donde es posible el de Nivel 2, y se reconstituyen las series históricas, asumiendo planteos de fertilización ideales, es decir de reposición completa de Nitrógeno y Fósforo.

Una limitante de los métodos indicados es la disponibilidad de factores de emisión adecuados para las tecnologías y regímenes climáticos analizados. En el caso particular de los fertilizantes, el método de Nivel 1 no posee valores por default para determinadas adiciones de N sintético, ni tampoco para distintas regiones climáticas. En dichos casos se utilizan los factores de menor incertidumbre, disponibles en el país o de literatura científica internacional.

Para simplificar el análisis se subdividen los sistemas en Agrícolas y Ganaderos. En los primeros se incluyen los cultivos de secano más importantes (Girasol-Maíz-Soja-Trigo), y en el segundo sistema se incluye la producción bovina de carne, mas la gestión de las pasturas y alimentación.

#### **a. Sistemas productivos agrícolas**

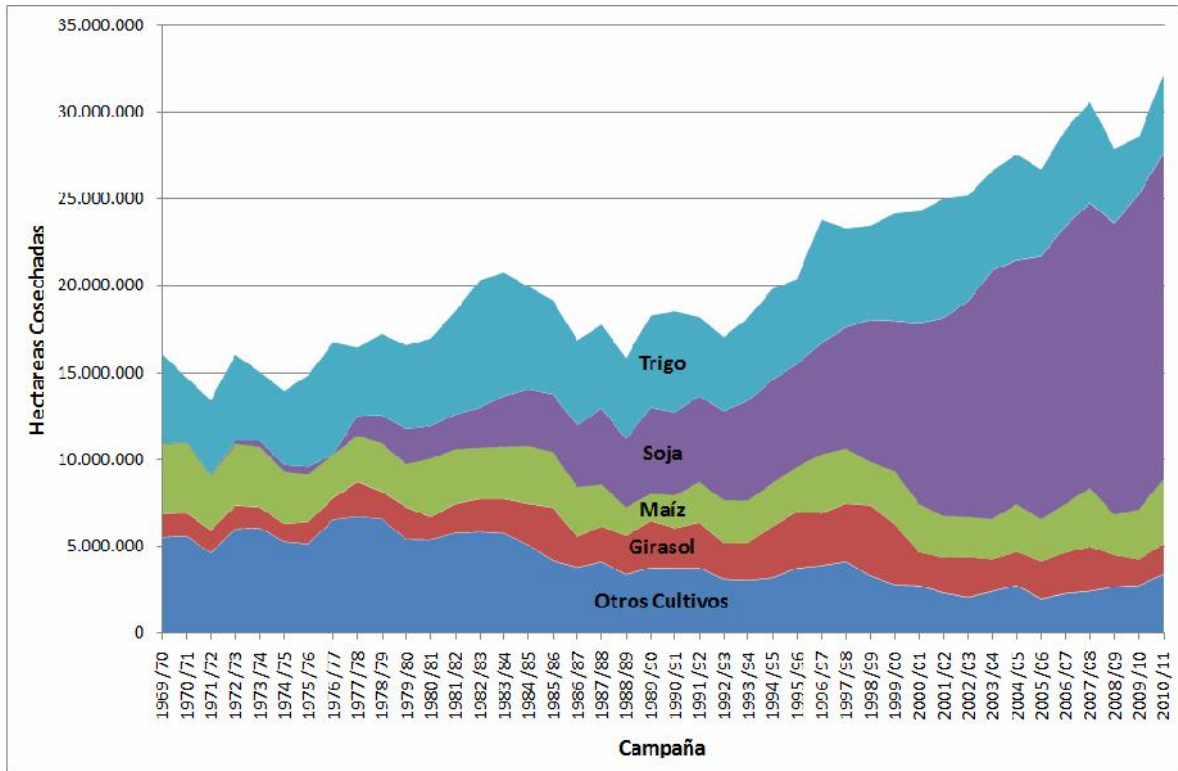
Si se analiza la evolución de la Superficie "Cosechada" se puede apreciar una gran concentración en sólo cuatro cultivos (Girasol-Maíz-Soja-Trigo) los cuales abarcan aproximadamente el 83% de la superficie total para la campaña 2010/2011 (*Figura 5.12.*). Por esta razón, el análisis de las emisiones históricas y la evaluación de las potenciales tecnologías, se limita a estos cultivos.

Respecto al uso de fertilizantes, no se cuenta con información suficientemente desagregada por cultivo y/o regionalizada y es por ello que para poder analizar las emisiones correspondientes ha sido necesario estimar la cantidad de Nitrógeno aportada a los distintos cultivos y la cantidad de urea del planteo agronómico.

Para estimar los niveles de fertilización históricos se ha utilizado el Anuario "Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina" ediciones 21 y 31 del Instituto Petroquímico Argentino (IPA). Se asumió también que el 70% del nitrógeno utilizado como fertilizante fue para los cultivos analizados.



**Figura. 5.12. Evolución Superficie cosechada por cultivo 1969/2011**

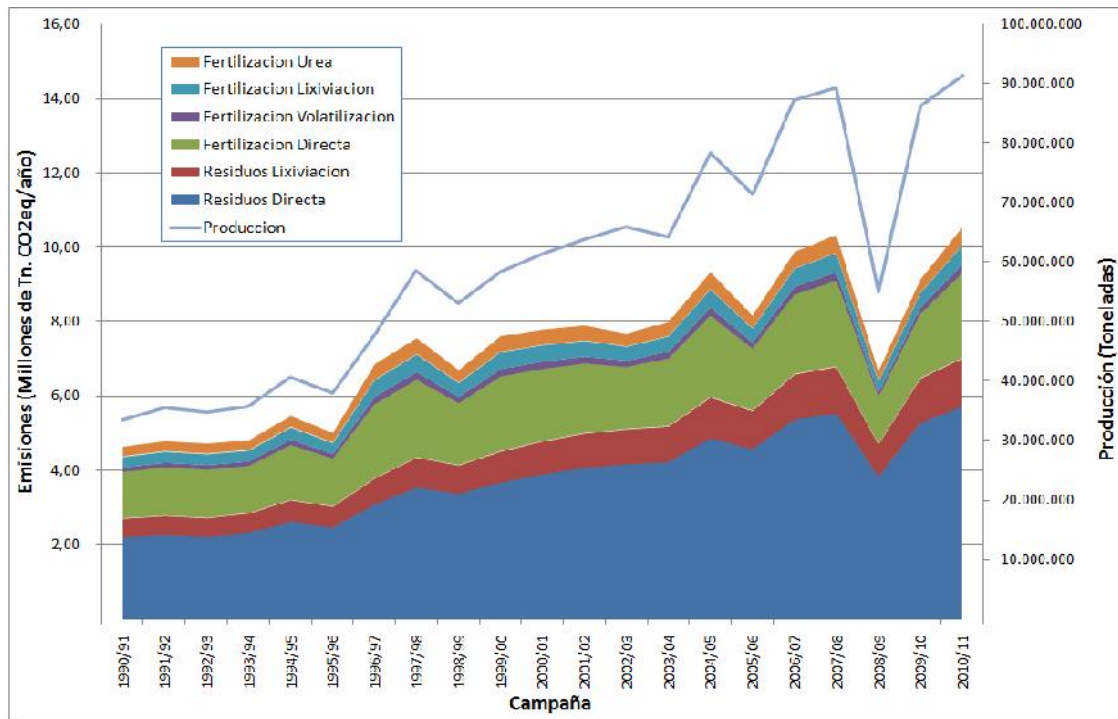


**Fuente: Elaboración Propia en base a Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación**

Para evaluar si la metodología de estimación de fertilizantes, tiene un nivel de aproximación adecuado para los fines del presente estudio, se han comparado los valores incluidos en la Segunda Comunicación Nacional, con los valores recalculados para estos cuatro cultivos para las campañas 1990/91 hasta 2001/02. En el caso del N sintético aplicado acumulado entre dichas campañas la relación entre la estimación y el total país es del 92%, y en el caso de la Urea aplicada, dicha relación alcanza el 82%, por lo cual podemos asumir que la metodología aplicada tiene un nivel de incertidumbre adecuado para la evaluación de las emisiones de GEIs.

Utilizando a la metodología de estimación descrita anteriormente y en base al método de cálculo IPCC 2006, se confeccionó el gráfico de la *Figura 5.13*, donde se puede observar las emisiones y la producción de los cultivos analizados para período 1990/2011.

**Figura 5.13. Evolución Emisiones vs. Producción Girasol-Maíz-Soja y Trigo (1990/2011)**



Fuente: Elaboración Propia

## b. Sistemas productivos ganaderos

Para realizar el análisis de las emisiones de los sistemas ganaderos se subdividió el ciclo productivo en dos etapas: Cría y Engorde. Siguiendo la lógica del trabajo de FAUBA (2004) en el caso de la cría se plantearon tres niveles tecnológicos (alto, medio y bajo) en cada región, de acuerdo al grado de utilización de diversas tecnologías y consecuentemente, al nivel productivo.

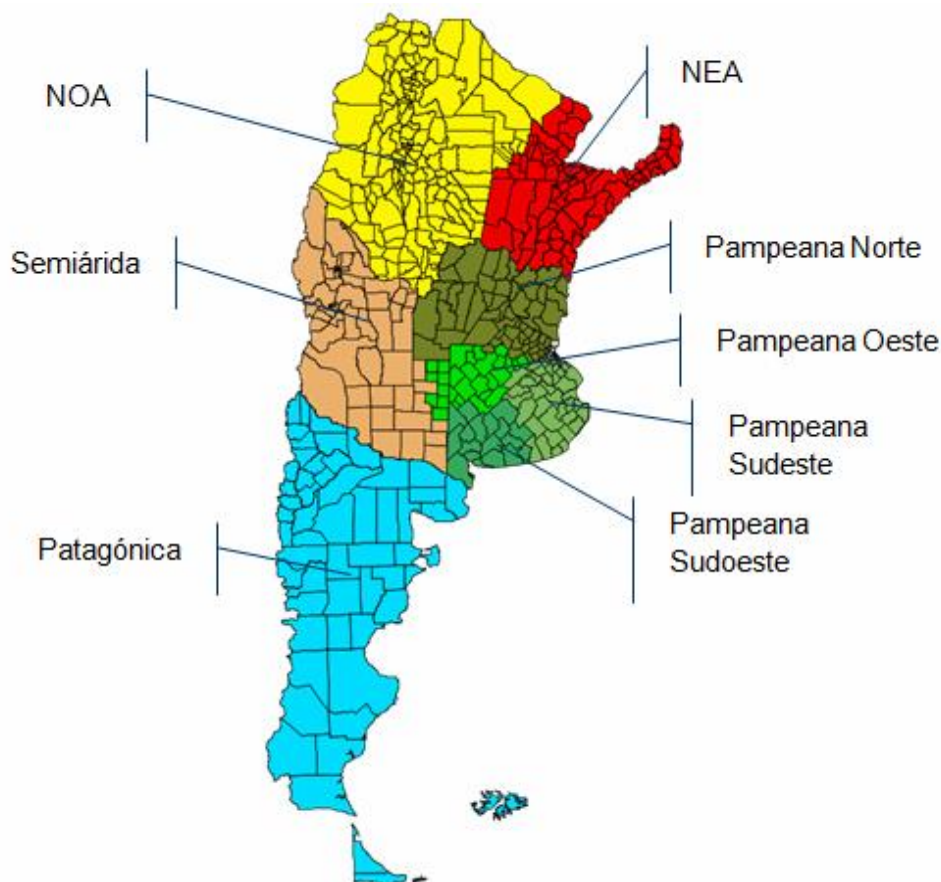
Una primera caracterización de tipo cualitativo se realizó a partir del trabajo de Cap y González (2004). En el mismo se definen perfiles tecnológicos para la actividad ganadera en diferentes zonas del país, contemplando los tres niveles tecnológicos. Una segunda caracterización de tipo cuantitativa se realizó en base un listado de variables productivas definidas (Categorización por requerimientos nutricionales, Recursos forrajeros utilizados, Mejoramiento de pastizales, Manejo de pasturas y verdes, Manejo del rodeo, Instalaciones, Sanidad, Asistencia técnica, e Índices productivos) asignando valores para cada sistema y nivel tecnológico. En el estudio FAUBA (2004) definió la participación porcentual en cada tipología a través de la consulta a referentes de cada región.

Para el engorde no se consideraron niveles tecnológicos sino sistemas de engorde que fueron definidos para cada región. Se tomaron hasta cinco sistemas de engorde por región.

La regionalización ganadera considerada es la propuesta por Rearte (2005), quien subdivide a la República Argentina en cinco regiones: Pampeana, Noreste (NEA), Noroeste (NOA), Semiárida y Patagónica. Debido a la relevancia en la producción ganadera de la Región Pampeana y a la existencia de una importante diversidad en los recursos disponibles y los

manejos implementados, se dividió esta zona en cuatro subregiones. En la *Figura 5.14* se pueden observar las distintas regiones.

**Figura 5.14. Regionalización ganadera**



**Fuente: Rearte (2005)**

Se asume que dentro de cada región existen grupos de productores que responden similarmente a los impactos de interés a evaluar. Los sistemas modales, para todo el país, son definidos a través de una revisión de los resultados productivos y del nivel de adopción de tecnología a partir de los trabajos de Cap y González (2004).

Por otra parte se han tomado los stocks de los datos de Vacunación SENASA 2003-2010 sobre el que se han ajustado el 2,5% por la doble vacunación de terneros, y los datos de Faena por categoría (*Tabla 5.7.*).

**Tabla 5.7. Evolución de Stocks por categoría 2003-2011**

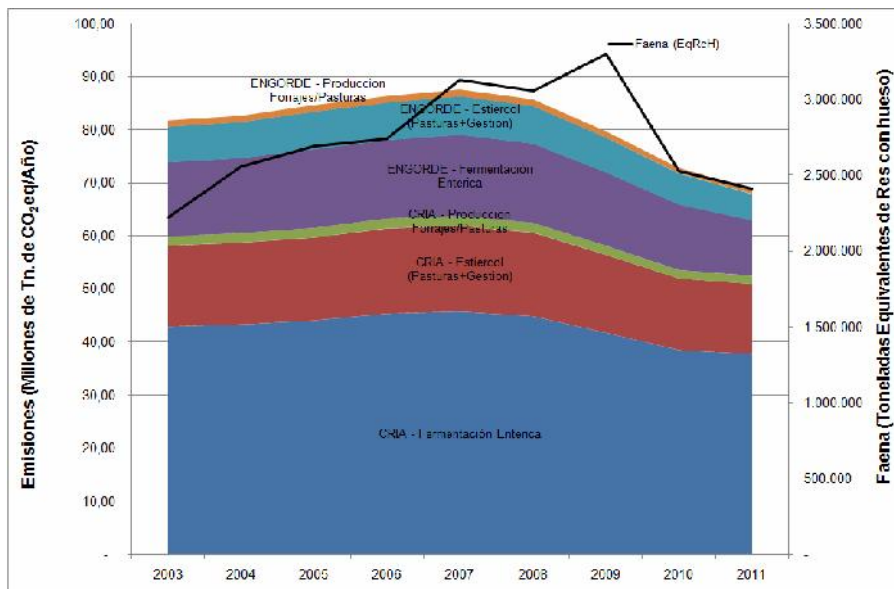
Categoría	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Vaca	22 861 900	23 076 148	23 473 891	24 162 107	24 352 389	23 884 453	22 230 020	20 459 240	20 060 138
Vaquillona	7 950 219	8 229 551	7 907 378	8 030 325	8 252 161	7 914 949	7 702 783	6 897 293	7 303 025
Ternera	7 067 385	7 027 731	6 983 087	7 353 002	7 496 354	7 474 295	6 897 311	6 148 114	5 795 376
Toro	1 240 874	1 265 887	1 293 000	1 316 776	1 333 773	1 348 625	1 239 248	1 178 310	1 029 460
Novillo/Novillito	10 473 553	11 111 802	11 259 012	10 940 646	10 816 973	10 749 058	10 554 233	9 128 526	7 753 702
Ternero	7 282 582	7 159 078	7 157 056	7 492 521	7 528 850	7 505 783	6 827 631	6 132 105	6 008 279
<b>Total</b>	<b>56.876.513</b>	<b>57.870.197</b>	<b>58.073.423</b>	<b>59.335.377</b>	<b>59.780.499</b>	<b>58.877.163</b>	<b>55.451.225</b>	<b>49.953.588</b>	<b>47.959.980</b>
%Reon	14%	16%	17%	14%	14%	9%	11%	13%	16%
% Destete	67%	62%	61%	63%	62%	62%	57%	55%	58%
Faena Vacas	8%	9%	9%	9%	11%	11%	14%	10%	8%
Faena Vaquillonas	35%	40%	40%	37%	51%	52%	59%	41%	32%
%Toro/Vaca	5%	5%	6%	5%	5%	6%	6%	6%	5%
Faena Nov+Novillo	53%	56%	60%	62%	67%	65%	72%	68%	84%
<b>Faena (TnEqRcH)</b>	<b>2.220.518</b>	<b>2.559.655</b>	<b>2.592.088</b>	<b>2.739.328</b>	<b>3.131.339</b>	<b>3.057.901</b>	<b>3.297.576</b>	<b>2.524.371</b>	<b>2.409.107</b>

Elaboración Propia en base a SENASA.

Para cada uno de los modelos se han estimado las emisiones asociadas a las principales fuentes: Fermentación Entérica, Estiércol (en Pasturas y Gestionado) y Producción y/o Gestión de pasturas y concentrados.

En la *Figura 5.15* se puede observar la evolución de las Emisiones y la Faena para el período 2003-2011.

**Figura 5.15. Evolución Emisiones vs. Faena (2003/2011)**



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar, las emisiones del sistema productivo de carne vacuna dependen muy fuertemente de la Fermentación Entérica con alrededor del 70% (entre las dos etapas), seguidos por las emisiones asociadas al estiércol (con gran participación de N<sub>2</sub>O), que contribuye con un 26% y finalmente la gestión de la alimentación ya sea pasturas, verdes, o producción de concentrados con un 4%.

A su vez, las emisiones de la etapa de Cría, representan entre el 73% y el 76%, debidas fundamentalmente al stock necesario para extraer un ternero, ya que adicionalmente a los vientres, están las vaquillonas para reposición, cuyo stock a su vez depende fundamentalmente de la edad del primer servicio y de la reposición. A su vez todo el sistema también está fuertemente afectado por el porcentaje de destete.

#### 4. INVESTIGACIÓN EN LA DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN DE ÓXIDO NITROSO EN ARGENTINA

---

Las emisiones directas para suelos gestionados, como establece la metodología del IPCC 2006, contemplan factores de emisiones promedio con rangos de emisión muy amplios. En los ecosistemas agrícolas esta variabilidad es consecuencia de diferencias o cambios en los contenidos de nitrato y amonio, de materia orgánica y de otros factores que son variables tales como la temperatura y el contenido de humedad del suelo. Por lo tanto, las relaciones entre las emisiones de N<sub>2</sub>O y las variables del suelo y ambiente encontradas para un sitio individual, no pueden extrapolarse a otras regiones que difieran con respecto a clima y suelo.

Dicha heterogeneidad y cambios en las variables del suelo, que regulan las pérdidas de N<sub>2</sub>O hacia la atmósfera, hacen que estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O a nivel de ecosistema sea un gran desafío. Por este motivo, los valores que son estimados por el IPCC presentan un nivel de indeterminación que en algunos factores superan el 300 % (Factor de Emisión EF<sub>1</sub>: 0,003-0,03 - Capítulo 11 Volumen 4 -en IPCC, 2006)

La guía del IPCC 2006 expresa en el capítulo 11 del Volumen 4, que en las metodologías de Nivel 1 (Tier 1) no se tienen en cuenta las diferentes cubiertas terrestres, tipos de suelo, condiciones climáticas o sistemas de labranza. Tampoco se tienen en cuenta los posibles retardos de las emisiones directas de N de residuos agrícolas, y se asignan estas emisiones al año en el que los residuos se devuelven al suelo. Estos factores no se consideran para las emisiones directas (o de corresponder las indirectas) porque se dispone de una cantidad de datos limitada para proporcionar factores de emisión adecuados. Los países que cuenten con datos que demuestren que los factores por defecto son inapropiados para ellos deben utilizar las ecuaciones de Nivel 2 o los métodos de Nivel 3 e incluir una explicación completa de los valores utilizados.

Por lo tanto, para poder conocer las diferencias en emisiones de los sistemas productivos y naturales en distintas zonas del país es de suma importancia la determinación de "*factores locales*" de emisión.

Las prácticas de manejo de suelos y cultivos son factores de gran influencia sobre el intercambio de GEIs entre el suelo y la atmósfera (Smith *et al.*, 2003). Es por esto que las mediciones de los flujos de gases en diferentes manejos de suelo y sistemas de cultivo son importantes a fin de identificar aquellas prácticas que puedan impactar positivamente en las emisiones de GEIs. La magnitud y la adecuación de la determinación de la emisión de gases varía espacialmente y es afectada por factores tales como condiciones climáticas, temperatura del suelo y del aire, frecuencia de muestreo y sistemas de cultivo (Snyder *et al.*, 2009; Rochette and Bertrand, 2007; Smith *et al.*, 2003).

Sey *et al.* (2008) describen a las mediciones in situ de GEIs como una tarea relativamente intensiva, pero a la vez necesaria para una detallada caracterización de la emisión de gases. Las mediciones de emisiones de GEI son de utilidad para poder evaluar el impacto del manejo de tierras sobre el ambiente atmosférico y para desarrollar y probar modelos predictivos de emisión (Rochette and Bertrand, 2007).

En Sud-América los trabajos publicados al respecto provienen mayormente de Brasil y en menor medida de Uruguay, aunque en nuestro país existen trabajos en marcha (Taboada, comunicación personal). Taboada y Cosentino (2011) encontraron que trabajos realizados en

región Pampeana (Palma et al, 1997; Cosentino et al. 2010.), en el sur de Brasil (Jantalia et al 2008) y en Uruguay (Perdomo et al, 2009), reportaron valores de emisión de N-N<sub>2</sub>O, correspondientes a cultivos en labranza convencional y siembra directa, sensiblemente menores (de 1 a 2,3 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) a aquellos calculados con la metodología del IPCC (1196) en los inventarios nacionales. (2 a 3 kg N<sub>2</sub>O/ha año)

Otros trabajos realizados en nuestro país, en la zona de Balcarce, reportan valores sensiblemente mayores a los mencionados por Taboada y Cosentino (2010). Sainz Rozas et al. (2004) midieron emisiones de N<sub>2</sub>O en un suelo argiduo bajo siembra directa de la localidad de Balcarce, con maíz en crecimiento y en barbecho con dos tratamientos de N aplicado. Los valores registrados de N-N<sub>2</sub>O acumulado durante 92 días fueron de 11.4 a 16.6 kg N/ha en el cultivo de maíz con 0 y 210 kg N/ha aplicado, y 4.1 y 6.5 kg de N/ha en el periodo de barbecho, respectivamente para ambos tratamientos. En consonancia con estos resultados, Vachon (2009), trabajando también en un Molisol de Balcarce en cultivos de maíz, soja o intersembras de los mismos, hallaron valores promedio de 10 kg ha<sup>-1</sup> de N<sub>2</sub>O emitido durante el ciclo de crecimiento de los cultivos y sin diferencias entre ellos.

Esta discrepancia en los valores de emisión puede deberse a diferencias en la metodología de medición o bien que las emisiones de N reportadas como N-N<sub>2</sub>O, incluyan N<sub>2</sub> también liberado por denitrificación.

En este sentido, y debido a la importancia de la temática, resulta promisorio el proyecto que se llevara a cabo en el país, impulsado recientemente por el MinCyT y el MinAgri, con la participación de INTA, AACREA y AAPRESID, para determinar emisiones de óxido nitroso en el cultivo de Soja. Estudios como este permitirán zonificar las emisiones de este cultivo en distintas regiones con climas y suelos diferentes. Según versa el texto de la propuesta aprobada: *“El objetivo de este proyecto es la obtención de valores locales de emisión de N<sub>2</sub>O en lotes cultivados con soja, teniendo en cuenta las características locales de manejo, tipo de suelo, y condiciones climáticas meteorológicas, y edafológicas. Para ello se proponen tres aproximaciones complementarias: mediciones a campo con cámaras cerradas estáticas, mediciones a campo continuas a través de un sistema de medición de flujos turbulentos y modelado de las emisiones utilizando alguno de los modelos utilizados en la literatura científica como el DNDC, el Century o el NASA CASA”.*

Por lo tanto, todo esfuerzo en investigación dedicado a determinar los factores de emisión de N<sub>2</sub>O para distintos suelos y cultivos, en diferentes climas del país, resulta de gran importancia para el conocimiento de los procesos de emisión y su cuantificación.

## 5. IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS EXISTENTES O EN DESARROLLO PARA LA IMPLEMENTACIÓN A NIVEL LOCAL.

---

### 5.1. Tecnologías aplicables en Sistemas Agrícolas.

La metodología del IPCC 2006 estima emisiones de N<sub>2</sub>O directas provenientes de los residuos de cosecha e indirectas provenientes de los fertilizantes sintéticos aplicados.

En la siguiente información se podrá el foco en las emisiones indirectas como N amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) provenientes del uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados y las posibilidades tecnológicas de minimizar dichas pérdidas.

En el análisis de las tecnologías que pueden impactar en la mitigación de emisión de óxido nítrico en sistemas agrícola, podríamos dividir las tecnologías en dos categorías:

- Tecnologías que tendrían un efecto en la disminución *relativa* de las emisiones (por unidad de producto).
- Tecnológicas orientadas a la disminución en términos *absolutos* (por unidad de superficie).

Las tecnologías orientadas a la *disminución relativa* están relacionadas con toda práctica que determine una mayor eficiencia del uso del N, disminuyendo las emisiones por tonelada de grano o kilo de carne producidos. Esto sería equivalente a un efecto de dilución e implica una mayor eficiencia de producción tanto agrícola como ganadera por unidad de área. En términos sencillos, estas tecnologías o prácticas, permiten disminuir las pérdidas sin disminuir la dosis de fertilizante aplicado en un cultivo. Puede también aumentar el rendimiento del cultivo a igual tasa de fertilización.

En este sentido, la eficiencia de uso del N se incrementa en la medida que:

- Aumenta la tasa de absorción por parte del cultivo
- Se reducen las pérdidas por lixiviación (como NO<sub>3</sub>)
- Se reducen las pérdidas por volatilización (pérdidas de NH<sub>3</sub>)

En la presente evaluación, cabe aclarar que se evaluaron tecnologías que incrementan la eficiencia del uso del N asumiendo que no existe otra limitante nutricional o hídrica. Cualquier deficiencia producida por cualquier tipo de stress, determina una limitación en el uso del N y por lo tanto una menor eficiencia.

Por otro lado, se pueden considerar otras tecnologías orientadas a la *disminución absoluta de las emisiones*, que están relacionadas al uso de productos o procesos alternativos que permiten disminuir la dosis de fertilizante usualmente aplicada en un cultivo y por lo tanto disminuir el riesgo de pérdidas de N por emisiones volatilización o lixiviación. Por ejemplo, el uso de fijadores biológicos de N atmosférico podría reemplazar parcialmente el uso de fertilizantes nitrogenados y por lo tanto reducir la emisiones por unidad de superficie.

Sin embargo, la evaluación del impacto de los fijadores biológicos ha sido siempre analizada como incrementos de rinde respecto a la fertilización habitual, y no como "reemplazo" de N



aplicado al cultivo. De modo tal que, como se verá más adelante, el impacto de los fijadores libres se cuantificaría como un incremento del rinde a igual dosis de fertilizante aplicado y no como un reemplazo de la bacteria por kilos de fertilizante para la obtención de un mismo rendimiento.

Por lo tanto, todas las tecnologías aquí evaluadas tendrán un efecto de “disminución relativa de la emisión”, es decir “Mayor cantidad de Producto” a igual tasa de emisión, expresada en términos de emisión por tonelada producida

En tercer término, se analizan el efecto de las *rotaciones de cultivos*. Las rotaciones se analizaron en forma separada debido a que se debe considerar que si bien el uso de fertilizantes nitrogenados es una fuente de emisión de N importante, resulta un insumo imprescindible en rotaciones que incluyan gramíneas (maíz, sorgo, trigo, cebada, etc) y que globalmente dan lugar a una menor emisión total de GEIs en un sistema de rotación.

#### **5.1.1. Fuente de N (Reemplazo por fuentes menos volátiles).**

Varios autores han estudiado el grado de pérdidas por volatilización en forma de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) de diferentes fuentes de fertilizantes nitrogenados. En este aspecto, la promoción de fuentes de liberación más lenta es importante para incrementar la eficiencia del uso de N y disminuir las pérdidas por volatilización.

Cuatro estudios realizados en los EE.UU midieron el grado de volatilización de distintas fuentes nitrogenadas aplicadas en forma superficial (sin incorporación mecánica del fertilizante). Los resultados muestran que la urea y el UAN (solución de Urea) tuvieron niveles de volatilización del 15 al 30%, el sulfato de amonio de 0 al 14% y el Nitrato de Amonio entre el 3 y 5%. (Jones et al., 2007; Meyer et al., 1961; Keller y Mengel, 1986; Lighthner et al., 1990; Gezgin y Bayraklı, 1995).

Si bien el Nitrato de Amonio es el menos volátil de los fertilizantes nitrogenados, lamentablemente, como fertilizante, no suele estar fácilmente disponible en el mercado, ya que es mayormente importado y se usa en un 50% para explosivos y el 50% restante para formular UAN (Instituto Petroquímico Argentino, IPA. 2011). De modo tal, que las opciones más comunes en agricultura son la urea, UAN (producido en una sola planta en nuestro país, Bunge en Campana) y en menor medida Sulfato de Amonio.

El Sulfato de amonio es producido por una sola planta de producción (Ternium Siderar) 18.000 Tn y el resto se importa, en un volumen de 50.000 a 100.000 Tn/año, siendo en su totalidad entre el 3 y 6% de la oferta total de fertilizantes nitrogenados. La Urea y el UAN constituyen el 90% de las fuentes nitrogenadas usadas en agricultura (*Tabla 5.8.*).

**Tabla 5.8. Consumo de Fertilizantes al año 2010**

Consumo como Fertilizante (TN)	2010	% del Total de Fertilizantes	% de las Fuentes N utilizadas
AMONIACO	23,453	0.8%	1%
FOSFATO DIAMONICO	276,451	9.8%	
FOSFATO MONOAMONICO	607,749	21.5%	
NITRATO DE AMONIO	64,461	2.3%	3%
SULFATO DE AMONIO	52,146	1.8%	3%
TIOSULFATO DE AMONIO	67,848	2.4%	3%
UAN (En solución acuosa)	512,200	18.1%	26%
UREA	1,226,193	43.3%	63%
<b>Total TN</b>	<b>2,830,500</b>	<b>100.0%</b>	<b>100%</b>

Fuente: IPA 2010

El tipo de suelo y las condiciones de temperatura y humedad influyen en el riesgo de pérdidas de N por volatilización. Los suelos arenosos son más susceptibles a las pérdidas por volatilización y la temperatura aumenta exponencialmente la volatilización, por ser un proceso biológico catalizado por un enzima (ureasa). En regiones o épocas cálidas se puede llegar a perder entre el 30 y el 50% de la urea aplicada por volatilización (Abrol et al., 2007).

En región pampeana, se han medido pérdidas de N por volatilización en maíz bajo siembra directa con aplicaciones superficiales de urea. Esta combinación de urea aplicada al voleo sobre maíz en siembra directa, es el peor escenario desde el punto de vista de la volatilización de N y es en estos manejos donde se han llevado a cabo investigaciones al respecto. En Rafaela Fontanetto et al., 2002 determinó pérdidas por volatilización de hasta un 40%. En el norte de la provincia de Bs. As., Rimski- Korsakov *et al.* (2007) determinaron pérdidas de N-NH<sub>3</sub> por volatilización de hasta el 24% del N aplicado para el cultivo de maíz bajo SD y Ferraris et al (2009) midieron pérdidas del 6.5 al 15.9%. Mientras que en Balcarce, los valores reportados por Sainz Rozas et al.(1999) fueron inferiores al 15%. Estas diferencias podrían explicarse por la menor temperatura y la mayor capacidad de intercambio catiónico de los suelos del SE Bonaerense (Barbieri et al., 2010).

En concordancia con lo anterior, García et al. (1999) hallaron que la volatilización de N-NH<sub>3</sub> no superó el 10% en aplicación al voleo realizada en trigo a la siembra y el macollaje en el sudeste de Buenos Aires.

En síntesis, la elección del producto reviste cierta importancia, pero las condiciones ambientales de temperatura y humedad deben ser bien conocidas por los aplicadores para optimizar el rendimiento del fertilizante aplicado. En este sentido, una campaña de difusión de buenas prácticas sería de utilidad para minimizar emisiones.

Por otro lado, los valores de emisión de N- NH<sub>3</sub> 3 medidos en nuestro país, están en concordancia con el factor de emisión (Frac<sub>Gasf</sub>) que por defecto considera la metodología del IPCC 2006 y que establece, para fertilizantes sintéticos en agricultura, un valor promedio de 0.1 (10% del N aplicado como fertilizante) en un rango de variación o del 3% al 30%. Este rango de variación estaría determinado por el tipo de fertilizante aplicado, su grado de incorporación y factores ambientales de temperatura y humedad, lo cual esta de alguna manera reflejado en el rango de variación que han informado los autores mencionados.

Los trabajos aquí mencionados de fertilización en Maíz han evaluado la situación de “mayor potencial de emisión” por volatilización y que es la de aplicación no incorporada de urea en un cultivo de verano (altas temperaturas). Si se considera que solo una fracción del N es aplicada de esta manera ya que el resto del N utilizado en el país es incorporado o aplicado en cultivos de invierno (bajas temperaturas), el factor de emisión de N-NH<sub>3</sub> promedio de 0.1 [0.03-0,3] propuesto por IPCC 2006, estaría dentro de este rango para nuestro país.

Lo que faltaría determinar, para poder regionalizar el análisis de emisiones, es cómo sensibilizar estas emisiones combinando el tipo de fertilizante aplicado, su forma de aplicación (incorporado o no incorporado) y época de aplicación. Por otro lado las distintas fuentes nitrogenadas, en mayor o menor medida son susceptibles a las pérdidas por volatilización, con lo cual el reemplazo de Urea y UAN por sulfato de amonio, no parece ser la solución de mayor impacto a la hora de disminuir las emisiones indirectas por volatilización amoniacal.

### **5.1.2. Inhibidores de liberación de N**

Paralelamente al tipo de fertilizante, existen inhibidores de la acción de la enzima ureasa en el suelo, lo cual retrasa la hidrólisis de la urea y disminuye el porcentaje de volatilización (Grant, 2004; Carmona et al., 1990).

En nuestro país, algunos de estos productos se conocen como NSN (copolímero maleico-itacónico) y como n-NBPT o NBPT (triamida N-(n-butil) tiofosfórica) que agregados a la urea disminuyen la tasa de liberación de N pudiendo reducir las pérdidas.

El uso de urea recubierta con polímeros y la urea-NBPT, cuya marca comercial más difundida es el Agrotain, aparecen como opciones para optimizar la liberación del N de la urea en función del grado de humedad del suelo. En presencia de humedad, la cubierta se humedece y permite la liberación del N.

Como principal ventaja la Urea-NBPT puede retrasar la hidrólisis hasta 14 días aumentando las probabilidades de que una lluvia la incorpore al suelo.

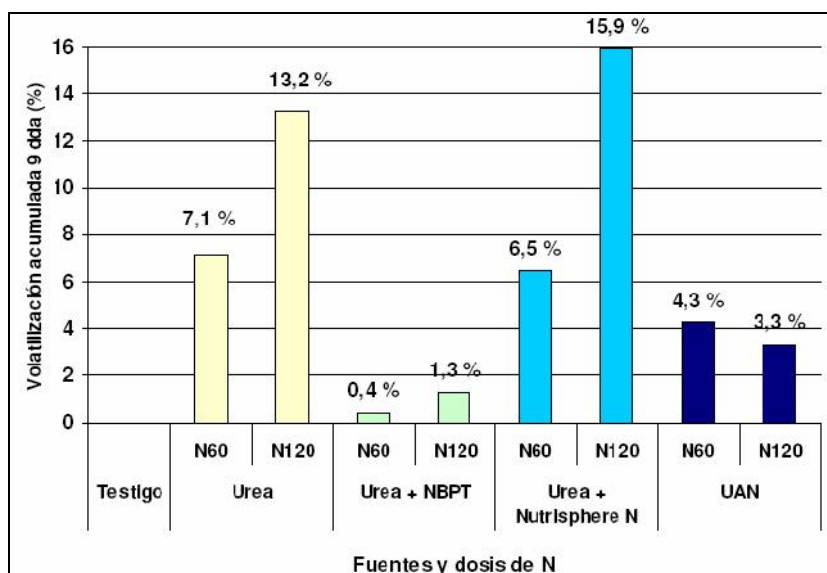
La principal desventaja es que puede retrasar también la disponibilidad del N para el cultivo, además de un costo adicional por tonelada. Según el servicio de extensión del Estado de Montana, EEUU, El costo de estos productos denominados “Fertilizantes de eficiencia mejorada” o EEF (Enhanced Efficiency Fertilizers) oscila entre un 10 % y un 40% superior al de un fertilizante común, pero podrían llegar a ser una opción interesante en la medida que sean más accesibles a los productores. (Jones et al., 2007)

En nuestro país algunos investigadores han empezado a estudiar el efecto de retardadores o inhibidores de la ureasa tales como NBPT. Ferraris et al., 2009 analizaron el efecto del NBPT en dos niveles de urea (60 y 120 kg de N/ha) aplicados en maíz en Pergamino (*Figuras 5.16 y*

5.17). Los autores midieron volatilización acumulada hasta 9 días posteriores a la aplicación y obtuvieron valores de 6.5 a 15.9 % para ambas dosis y 0.4% y 1.3% para Urea + NBPT con dosis de 60 y 120 kgN/ha respectivamente. Si bien las diferencias en volatilización fueron muy importantes, hubo diferencias de rendimiento estadísticamente significativas en dos de los tres sitios estudiados en valores cercanos a los 500 kg de grano /ha.

En Balcarce, provincia de Buenos Aires, Barbieri et al (2010), estudiaron durante dos años el comportamiento de la Urea tratada con NSN y NBPT, aplicada superficialmente en maíz bajo siembra directa. Dichos autores obtuvieron valores de volatilización de N-NH<sub>3</sub> del 3 al 10 % del N aplicado para dosis de 60 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Las pérdidas desde los tratamientos Urea + NSN no superaron el 0,5% para ambas dosis. No obstante, no hallaron diferencias significativas de rendimiento.

**Figura 5.16. Incremento relativo en las pérdidas de N en forma de NH<sub>3</sub>, con relación al testigo no fertilizado, al noveno día desde la aplicación de los fertilizantes para la localidad de Pergamino, en el año seco 2008/09. Fuentes, dosis y uso de inhibidores de la volatilización de nitrógeno en Maíz.**



Fuente: Ferraris et al, 2009

En Argentina, varias empresas comercializan este tipo de productos. Por ejemplo, la firma Agroservicios pampeanos S.A comercializa, desde 1995, algunos productos como Urea ESN de liberación lenta, un fertilizante foliar líquido de liberación lenta (NitroLL), pero mayormente comercializa Agrotain (NBPT). Para tener una idea del grado de adopción de esta tecnología, se pidió información a la empresa mencionada.

Según sus técnicos, en la última campaña 2010, la empresa vendió en promedio un 4% de Urea-Agrotain (Urea+NBPT) sobre el total de sus ventas en el país (Fuente: ASP, comunicación personal). Un dato de interés es que en el sur de la provincia de Bs As, donde las temperaturas son menores, el porcentaje de Urea Agrotain vendido fue del 2,7%, mientras que en el resto de la provincia de Bs As, y en las provincias de Santa Fe, Córdoba y E. Ríos, con mayores temperaturas, el total fue de 6.2%. Actualmente, el costo de esta tecnología equivale a un incremento de 36 u\$s por tonelada de urea tratada. El tratamiento requiere 3 lts/tonelada a

un valor promedio de 12 u\$s/litro. Aunque el volumen adoptado por la mayoría de los productores no es importante, el efecto de esta tecnología puede ser promisorio en la disminución de pérdidas por volatilización como amoníaco y en el incremento de rendimientos ante iguales cantidades de urea aplicada.

Una barrera en la adopción de esta tecnología es la falta de información acerca de los beneficios ambientales y productivos de estas tecnologías y en segundo lugar el sobreprecio que implica sobre el fertilizante, el cual en porcentaje oscilaría entre un 10 y un 15%.

**Figura 5.17. Medición de emisiones de N en forma de NH<sub>3</sub>. INTA EEA Pergamino, Noviembre de 2008.**



Las pérdidas registradas corresponden a las presentadas en la Figura anterior

**Fuente: Ferraris et al. 2009**

En síntesis, la disponibilidad de productos más sofisticados podría permitir disminuir las pérdidas por volatilización en aplicaciones de nitrógeno, especialmente en aplicaciones superficiales no incorporadas. Los trabajos citados permiten inferir que, mediante el uso de inhibidores, el Factor de Emisión por volatilización de N-NH<sub>3</sub> podría reducirse a valores del 0.5% al 1,3% (Ferraris et al, 2009; Barbieri et al., 2010) en aplicaciones al voleo de urea.

Esto podría dar lugar a una disminución de las dosis a utilizar, en función de un aumento de la eficiencia del producto o simplemente una mayor producción por kg de N aplicado.

No obstante, no se halló bibliografía de trabajos realizados en el país que analicen la volatilización de N<sub>2</sub>O con inhibidores tales como NBPT, lo cual sería más importante en términos de las emisiones indirectas de GEIs proveniente de fertilizantes sintéticos. Como

*necesidad tecnológica, se puede pensar en el estudio de estos productos sobre la emisión de N-N<sub>2</sub>O.*

Paralelamente, estas tecnologías estudiadas no han sido masivamente adoptadas por el productor lo cual requiere un mayor esfuerzo en la realización de pruebas de campo y su difusión por parte de INTA, Universidades y asociaciones de productores tales como AACREA y AAPRESID. El costo de implementación a menudo puede no ser un problema y se trata simplemente de conocer el beneficio de ajustes a la hora de elegir el producto a utilizar.

Este tipo de tecnologías son interesantes en todas las zonas del país, pero particularmente en cultivos de verano y zonas donde normalmente se realizan aplicaciones con altas temperaturas.

### **5.1.3. Tecnologías de aplicación**

Este tipo de tecnología incluye la localización del fertilizante, la partición de la dosis en el ciclo del cultivo y el manejo sitio específico o fertilización variable, por tipo de suelo o ambiente (loma y bajo, por ejemplo).

#### **5.1.3.1. Localización del Fertilizante y Partición de Dosis**

Más allá del producto utilizado o la formulación del fertilizante, existe también bibliografía abundante acerca del efecto positivo que tiene la incorporación del fertilizante al suelo y las aplicaciones divididas durante el ciclo del cultivo.

*La incorporación del fertilizante al suelo reduce drásticamente la probabilidad de pérdidas por volatilización (pérdidas de NH<sub>3</sub>).*

En este sentido, las aplicaciones al voleo o superficiales no incorporadas en sistemas de siembra directa (Labranza cero) no son muy eficientes y conviene incorporar el fertilizante para incrementar la eficiencia de aplicación. Básicamente la actividad de la enzima ureasa es alta en la capa superficial del suelo con presencia de rastrojo, pero dicha actividad disminuye en profundidad (Kissel et al., 1988).

En cultivos de invierno, una vez implantados, no existe posibilidad de incorporar el fertilizante aplicado. Sin embargo, en aplicaciones al voleo en cultivos de invierno el impacto de las pérdidas por volatilización es menor que en cultivos de verano, debido a las bajas temperaturas. García et al. (1999) encontraron que las pérdidas del N aplicado superficialmente a la siembra o al macollaje bajo siembra directa, no superaron el 10% para la zona sudeste de Buenos Aires.

La incorporación de la urea al suelo reviste mayor importancia en cultivos de verano, tales como el maíz, sorgo o girasol, donde la temperatura tiene un efecto determinante en la volatilización.

La difusión del uso de formulaciones líquidas (UAN o NH<sub>3</sub> anhidro) o de herramienta adecuada para su incorporación entre hileras (*Figura 5.18.*), es importante a la hora de minimizar estas

pérdidas (Snyder, 2008). Esto es de especial importancia en siembra Directa donde el contacto directo del fertilizante con residuos de cosecha puede aumentar el riesgo de volatilización.

**Figura 5.18. Incorporación de fertilizante entre surcos**



**Fuente: Snyder, 2008**

La Aplicación dividida durante el ciclo del cultivo mejora las posibilidades de incorporaciones y disminuye las posibilidades de perdidas por lixiviación y volatilización. En cultivos de invierno como trigo, la fertilización con nitrógeno en dos y hasta tres aplicaciones es una práctica utilizada en sudeste bonaerense, aunque no está adoptada por la inmensa mayoría de los productores. En Chile, Hirzel et al. (2010) han encontrado en trigo candeal aumentos de rendimiento significativos cuando una misma dosis se dividió en 2 y 3 aplicaciones (siembra, macollaje y hoja bandera).

A modo de síntesis, las prácticas mencionadas, la elección de fuentes nitrogenadas, el uso de protectores o inhibidores de la hidrólisis y la dosis y forma de aplicación de fertilizantes son tecnologías en mayor o menor medida conocidas, pero no siempre adoptadas en todas las zonas de la misma manera. El ajuste de todos estos factores en el uso de fertilizantes, ayudaría a una mayor eficiencia y una potencial reducción de las dosis de fertilizante a utilizar ante demandas crecientes de nutrientes por incorporación de genética de mayor potencial de producción.

La reducción en las ineficiencias reduce las pérdidas de  $\text{NH}_3$  y también las emisiones indirectas de  $\text{N}_2\text{O}$ , asociadas al uso de fertilizantes en agricultura. La incorporación de urea cuando fuera posible y el uso de inhibidores parecen ser las prácticas de mayor impacto en la disminución de la volatilización.

### **5.1.3.2. Fertilización Variable y Manejo Sitio Específico**

Una tecnología más compleja es la aplicación variable de fertilizante o manejo sitio específico de la fertilización. Su complejidad radica en que no se trata de un insumo que se aplica a una dosis determinada, sino más bien de una estrategia de fertilización. Dicha estrategia puede tener objetivos diferentes, pero en términos generales está orientada a optimizar el uso de fertilizantes permitiendo aplicar mayores dosis en sitios de mayor potencial productivo y disminuir dosis en ambientes de menor potencial productivo. Es por esto que el escenario

previo para su implementación requiere una “ambientación” del lote de producción, identificando las áreas de mayor y menor potencial productivo (Vazquez Amabile 2007 y 2012)

Esta tecnología, relativamente reciente, implica tecnificación y capacitación en el personal de campo y en los técnicos involucrados en la producción agrícola. La aplicación variable permite efficientizar el uso del N, con el objetivo de dejar en el suelo la menor cantidad de N residual del fertilizante al final del ciclo del cultivo, disminuyendo la probabilidad de emisiones directas e indirectas, por lixiviación y escurrimiento. Como se mencionó anteriormente la Aplicación Variable de N requiere el conocimiento del rinde máximo alcanzable en cada ambiente de producción y en esto reside su complejidad. El potencial productivo depende de los factores limitantes del sistema en cuestión y varía en función de la combinación de factores climáticos, tipo de suelo, genotipo utilizado, topografía, etc

El primer objetivo de implementación de este tipo de manejo sitio específico ha sido la maximización del beneficio económico. Sin embargo, una utilización más eficiente del fertilizante nitrogenado, tiene un beneficio ambiental complementario. De manera que este tipo de tecnologías tipo un efecto beneficioso para el productor y el sector agrícola en general, más allá de la disminución del riesgo de pérdidas de N a la atmosfera (como  $\text{NH}_3$  o  $\text{N}_2\text{O}$ ) o hacia cuerpos de agua (como  $\text{NO}_3$ ).

La visualización y cuantificación de la variabilidad del rendimiento en grano en los lotes de producción es algo novedoso, y ha venido de la mano de la incorporación del GPS y del mapeo de rendimiento georreferenciado que se realiza al momento de la cosecha. Además de la variación del rendimiento, el GPS como tecnología ha permitido el mapeo de la topografía en alta resolución (escalas 1:2000 o mayores) y también el mapeo de limitantes tales como la profundidad efectiva del suelo, que en muchas zonas del país está determinada por capas de tosca (carbonato de calcio consolidado) o roca sólida.

Otros tipos de mapeo que empiezan a ser incorporados en la planificación son el mapa de profundidad de napa freática y los mapas topográficos de alta resolución para delinear ambientes de bajo y de loma.

A modo de ejemplo, para comprender el alcance de esta tecnología analizaremos un caso, para un cultivo de trigo en el sudeste de la provincia de Bs As. Se explicará brevemente el proceso de planificación de un lote de producción de trigo cercano a la localidad de La Dulce, tratado con Fertilización variable y sus beneficios económicos y ambientales en términos de emisiones.

Previamente, vale recordar que en un sistema agrícola de “secano”, es decir que depende exclusivamente de las precipitaciones, la profundidad de suelo reduce la capacidad de almacenaje de agua y por lo tanto su capacidad de proveer agua al cultivo entre una lluvia y la siguiente. Cuando las lluvias son frecuentes esta limitante tiene menor impacto, pero cuando las lluvias son irregulares, como suele ocurrir en nuestro país, existen periodos de mayor o menor stress hídrico para el cultivo.

Esta circunstancia determina para un sistema de secano, que un suelo profundo tiene mayor probabilidad de alcanzar un mayor rendimiento en grano, que un suelo somero. De modo tal que los sectores profundos de un lote de producción tendrían un rinde potencialmente mayor y se justificaría la aplicación de una dosis de fertilizante también mayor. Por otro lado, en los sectores más someros habría más probabilidades obtener de un rinde inferior, con lo cual la demanda de N sería también menor y no justificaría una dosis alta de N, que en la mayoría de



los años no sería aprovechado por el cultivo y quedaría disponible para pérdidas por lixiviación, escurrimiento o volatilización o bien podría llegar a ser aprovechado por el cultivo siguiente.

Normalmente, a la hora de planificar la fertilización de un cultivo, se asigna un “rendimiento objetivo” y en función del mismo y de los niveles de N que hay en el suelo al momento de la siembra, se define la dosis de fertilizante nitrogenado que se utilizará. Es decir, que no se considera la “variabilidad intralote”.

La posibilidad de mapear una limitante como la profundidad efectiva, permite incorporar esta variable en la planificación y determinar un mapa de aplicación de N, de acuerdo al rinde objetivo que se asigne a las distintas profundidades de suelo.

Los mapas de las *Figuras 5.19 y 5.20* ayudan a aclarar lo antedicho. La *Figura 5.19* presenta un mapa de profundidad de tosca. Según este mapa, el lote de producción presenta una distribución de área por profundidad efectiva como se detallan en la *Tabla 5.9*.

**Tabla 5.9. Superficie por rango de profundidad efectiva de suelo del lote de producción**

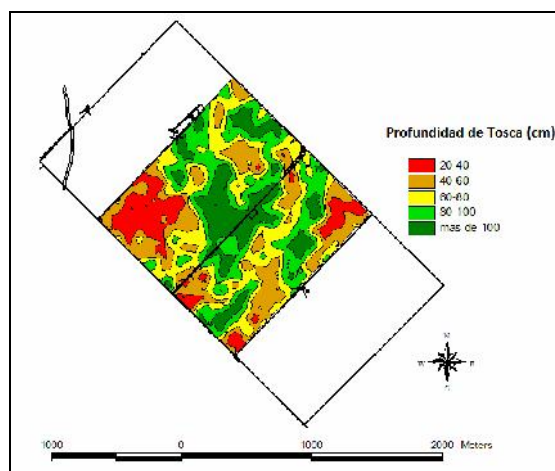
Rango Profundidad (cm)	Has	% Area
20-40	24.9	11%
40-60	53.0	24%
60-80	51.5	23%
80-100	54.4	25%
más de 100	36.1	16%
<b>Área Total (has)</b>	<b>219.9</b>	<b>100%</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

Utilizando el modelo matemático de cultivo Ceres-Wheat se asignaron rendimientos objetivos, en función del rinde medio para cada suelo para una serie histórica de 40 años, con registros diarios de lluvia, radiación y temperatura. Este modelo de cultivo fue previamente validado con registros de producción y condiciones meteorológicas de años anteriores con muy buena performance.

El promedio de dichos rindes calculados para cada rango de profundidad de suelo, se utilizaron para ajustar las dosis de N a aplicar, en función del N inicial del suelo determinado mediante un muestreo previo a la siembra.

**Figura 5.19. Mapa de Profundidad de Tosca de un lote de 200 has ubicado en La Dulce, Pdo de Necochea, Prov. de Bs As.**



Para la determinación del N a aplicar con fertilizantes, se utilizó el modelo de fertilización propuesto por Gonzalez Montaner et al. (1991). Este modelo de fertilización ha sido ajustado y validado en la zona sudeste de Bs As, y está muy difundido entre técnicos y productores de la zona. El modelo se basa en un rinde objetivo de trigo y el nivel de N inicial, en los primeros 60 cm de suelo, al momento de la siembra.

Según dicho modelo de fertilización, la cantidad de N a aplicar se calcula de la siguiente forma:

- (Eq.1.)  $\text{Kg de N/ha total} = \text{Rinde Objetivo (kg/ha)} / 33$   
 (Eq.2.)  $\text{Kg de N a Aplicar} = \text{Kg de N/ha total} - \text{N inicial (kg N/ha) 0-60 cm}$   
 (Eq.3.)  $\text{Kg de Urea (kg/ha)} = (\text{Kg de N a Aplicar} - \text{Kg N aplicado como PDA}) / 0.46$

Ejemplo:

Para un trigo con un rinde objetivo de 4500 kg/ha, un nivel inicial de 30 kg N/ha, de 0 a 60 cm, y una dosis de 100 kg/ha de Fosfato Diamónico (PDA) con 18% de N, la dosis de urea sería de 145 kg/ha.

$$\begin{aligned} \text{Kg de N/ha total} &= 4500 \text{ kg/ha} / 33 \\ &= 135 \text{ kg de N/ha} \\ \text{Kg de N a Aplicar} &= 135 \text{ kg de N/ha} - 50 \text{ kgN/ha} \\ &= 85 \text{ kg de N/ha} \\ \text{Kg de Urea (kg/ha)} &= (85 \text{ kg de N/ha} - 18 \text{ kg de N/ha como PDA}) / 0.46 \\ &= 145 \text{ kg Urea/ha} \end{aligned}$$

Si bien el planteo general se realiza para un rinde objetivo determinado, cuando se aplica dicha dosis, para cada uno de los horizontes se obtiene un rendimiento dependiente de la profundidad de tosca y de los nutrientes aplicados. Entonces, para este caso en los dos primeros horizontes el rinde estará limitado por el terreno (profundidad de tosca), y en los otros dos por la disponibilidad de nutrientes.

Las Tablas 5.10. y 5.11. presentan el rinde asignado para cada profundidad de suelo, el N inicial del suelo y la dosis de N a aplicar. La *Tabla 5.10.* presenta el manejo tradicional uniforme por lote de producción y la *Tabla 5.11.* el cálculo de dosis variable según profundidad de suelo.

La dosis de urea se dividió en dos aplicaciones. En la primera se aplicó el 66% de la urea total al macollaje el 13 de Agosto, y en la segunda se aplicó el 33% restante en comienzos de encañazon a fines de Septiembre. La *Figura 5.20* presenta el mapa de dosis variable para la primera aplicación. La segunda aplicación se realizó con una dosis uniforme de 50 kg de urea en todo el lote.

**Tabla 5.10. Aplicación Uniforme (NO Variable)**

Prof. de Tosca	Modelo (N Total) (kg/ha)	Rinde (kg/ha)	N Inicial (kg/ha)	N-PDA (kg/ha)	N-Urea (kg/ha)	PDA (kg/ha)	Urea (kg/ha)
30 cm	113	3.300	30	14,4	69	80	150
50 cm	127	4.100	44	14,4	69	80	150
75 cm	133	4.500	50	14,4	69	80	150
Profundo	133	4.500	50	14,4	69	80	150
					Urea Promedio (kg/ha)		150
					Rinde Prom Estimado		4.268

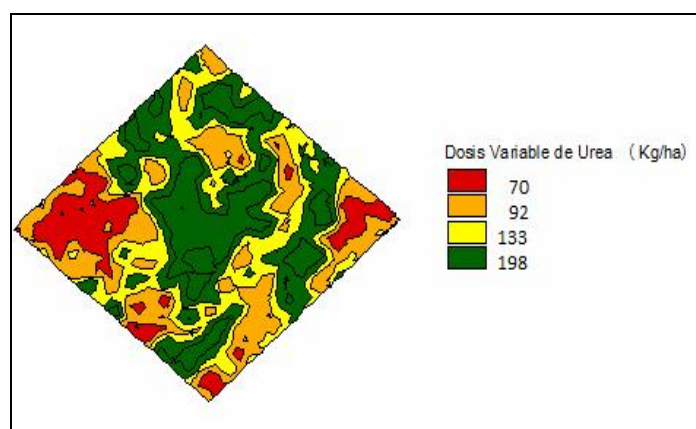
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 5.11. Aplicación Variable con Rindes Objetivo según profundidad de Suelo**

Prof. de Tosca	Modelo (N Total) (kg/ha)	Rinde Objetivo (kg/ha)	N Inicial (kg/ha)	N-PDA (kg/ha)	N-Urea (kg/ha)	PDA (kg/ha)	Urea (kg/ha)
30 cm	100	3.300	30	14,4	55,2	80	120
50 cm	124	4.100	44	14,4	65,32	80	142
75 cm	149	5.000	50	14,4	84,2	80	183
Profundo	178	6.000	50	14,4	114,1	80	248
					Urea Promedio (kg/ha)		193
					Rinde Promedio Ponderado estimado		5.002

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5.20. Mapa de Fertilización Variable con Dosis de Urea (kg/ha) calculada para rindes objetivos diferenciales por profundidad de suelo.**



El Sistema de Fertilización Variable permite una localización más ajustada de las dosis de fertilizante de acuerdo a las necesidades del cultivo en ambientes con mayores o menores restricciones. Esto permitiría disminuir las pérdidas por lixiviación del N residual del fertilizante luego de la cosecha. De este modo, se recalcularon las emisiones de ambos sistemas, considerando a las pérdidas de N<sub>2</sub>O provenientes de la lixiviación del N del fertilizante, iguales a cero en el sistema de fertilización variable.

La *tabla 5.12.* presenta las emisiones calculadas para los sectores con distinta profundidad de tosca en los esquemas de fertilización uniforme y variable. La emisión promedio se ponderó por el área que ocupa cada tipo de suelo para ambas estrategias.

Esta estrategia de producción permitiría, en este ejemplo, incrementar el rendimiento en grano en un 17%, aunque las emisiones totales se incrementarían en un 9% por unidad de superficie, debido a que la dosis promedio de urea aplicada aumenta de 150 kg/ha en fertilización uniforme a 193 kg/ha en el sistema de fertilización variable. Sin embargo, la emisión expresada en kg CO<sub>2</sub> eq/Tonelada de grano, baja un 7%.

**Tabla 5.12. Rendimientos y Emisiones de los sistemas de Fertilización Uniforme y Variable para un Caso de estudio del sudeste de la Provincia de Bs As.**

<b>Rendimiento Promedio Ponderado (Kg Grano/ha)</b>			
	Fertilización Uniforme	Fertilización Variable	Variación
Kg/ha	4.268	5.002	<b>+17%</b>
<b>Emisiones Ponderada por profundidad de Suelo (Kg CO<sub>2</sub> eq/ha)</b>			
	Fertilización Uniforme	Fertilización Variable	Variación
Emisiones GEIS (Kg CO <sub>2</sub> eq./ha)			
GEIs Fertilizante	648	693	+7%
GEIs Residuos Cosecha	354	410	+16%
GEIs Combustibles	86	86	0%

Total Emisiones (kg CO <sub>2</sub> eq/ha)	1.088	1.189	<b>+9%</b>
<b>Emisiones Totales por Tonelada de Grano producido (Kg CO<sub>2</sub>eq/Tn)</b>			
	Fertilización Uniforme	Fertilización Variable	Variación
Emisiones Ponderadas por Tn de Grano (Kg CO <sub>2</sub> eq/Tn)	255	238	<b>-7%</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

A la hora de estimar el impacto de esta práctica a nivel nacional, resulta complicado hacer un cálculo, ya que las distintas zonas tienen limitantes diferentes y no todos los lotes de producción presentan el mismo patrón de variabilidad, como el del ejemplo aquí descrito.

En cuanto al margen bruto económico por hectárea, se incrementó en el sistema de fertilización variable, pero dicho porcentaje depende de la relación de precios Urea/Trigo. Con un precio de trigo de 180 u\$/tn y de urea de 550 u\$/Tn, el margen bruto por hectárea fue 13% mayor a favor de la fertilización variable.

Ruffo y Michiels (2010), obtuvieron en dos sitios en la localidad de Santa Isabel, sur de Santa Fe, el mismo rinde de maíz con una reducción de entre el 20 y el 35% de la dosis promedio de N aplicada al utilizar fertilización variable. Esto resultó en incrementos en el Margen Bruto de entre 12 y 30 u\$/ha. Bullock et al. (2009), analizaron la rentabilidad de la fertilización variable para el cultivo de maíz en los EE.UU, encontrando márgenes económicos positivos.

En síntesis, la fertilización variable parece ser una estrategia interesante para lograr mayor producción por unidad de superficie, mejorar el margen económico y disminuir el riesgo de pérdidas de N residual del fertilizante por lixiviación y volatilización. Sin embargo, no parecería tener un impacto relevante en la disminución de las emisiones por hectárea, aunque permitiría incrementar la producción de grano con incrementos decrecientes de las emisiones relativas, expresadas en kg de CO<sub>2</sub>eq. por tonelada de producto.

Es difícil poder predecir el impacto sobre las emisiones de esta tecnología a nivel nacional, ya que en algunas zonas podrá dar lugar a una menor aplicación de fertilizante obteniendo una producción similar y una reducción de las emisiones de óxido nítrico por unidad de superficie. En tanto que en otras zonas, la aplicación variable puede resultar en una mayor aplicación total de N, aunque mejor distribuido, dando lugar a mayor producción por unidad de superficie, pero también a una mayor emisión de óxido nítrico, respecto a la aplicación uniforme tradicional. En esta última situación la disminución de las emisiones estaría expresada por unidad de producto y no por unidad de superficie.

#### **5.1.4. Uso de factores de crecimiento y mejoradores de la fijación biológica de Nitrógeno en leguminosas**

El nitrógeno (N) es el principal nutriente limitante de los cultivos (Vance, 2001). En el caso de la soja [*Glycine max* (L) Merrill] sus requerimientos son de 80 kg de N por tonelada de grano producida (García, 2000) y para satisfacerlos son de importancia los aportes de N a través de la

fijación biológica del N atmosférico (FBN) en simbiosis con rizobios. En Argentina el 50 % del N de la soja se obtiene de FBN. (Collino et al 2009)

Si consideramos que la producción de soja de la Argentina es de 50.000.000 de ton. (Estimaciones agrícolas e SAGyPA) y la FBN aporta el 50 % de los 80 kg por tonelada, la contribución de la Fijación Biológica es de 2.000.000 de toneladas de N. Esto representa un volumen mayor que toda la fertilización nitrogenada que se realiza en todos los cultivos a nivel nacional.

Dentro de las tecnologías conocidas que mejoran la FBN están los factores "Nod" o "LCO". Estos metabolitos mejoran la comunicación entre la planta y las bacterias simbiotes y mejoran la FBN, mejorando de esta manera la producción de la soja. (Smith 2002).

Varios autores han descrito efectos de estos productos o "Factores" sobre otros procesos de los cultivos, tales como el aumento en la resistencia a powdery mildew en soja (Haifa 2005)-, el aumento de la fotosíntesis en soja (Khan 2008), el incremento del área foliar y el peso de tallos (Smith 2009), el aumento de la absorción de Calcio (Supanjania, 2006, ), del intercambio gaseoso y la acumulación de MS en soja (Almaraz 2008) y el incremento del número de vainas (Atti 2005).

#### **5.1.5. Uso de promotores de crecimiento y fijadores biológicos en gramíneas**

La utilización de fertilizantes biológicos si bien es un concepto puesto en práctica en la Región Pampeana Argentina hace mucho tiempo, en los últimos años ha tomado un impulso creciente, a partir del desarrollo de productos de mayor calidad y orientados hacia nuevos cultivos.

Se reconoce que la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) realiza un aporte considerable de N a las plantas de la familia de las Leguminosas. Sin embargo, la utilización por parte de los productores de inoculantes a base de las bacterias encargadas de este proceso era restringida hasta hace pocos años.

El desarrollo de productos de mayor calidad y los resultados favorables observados en ensayos de investigación posibilitaron que se incremente su uso, a la vez que despertaron interés sobre otros microorganismos como Azospirillum, Pseudomonas o Micorrizas. Estos microorganismos están orientados a favorecer la adquisición de nutrientes por parte de los cultivos, principalmente de gramíneas, a la vez de ejercer un efecto promotor del crecimiento que ayude a superar situaciones de estrés o simplemente logre incrementar su tasa de crecimiento en algún estadio importante para la definición de los rendimientos. En todos los casos cumplen con la condición de ser amigables con el ambiente, ya que son organismos que naturalmente se encuentran en la rizósfera de las plantas cultivadas, sólo que en estos casos se incrementa su población, la cual vuelve al nivel de equilibrio inicial luego de la senescencia del cultivo.

Los géneros más estudiados como fijadores biológicos o promotores de crecimiento en plantas no leguminosas son los géneros Azospirillum, Azotobacter, Herbaspirillum, y otros.

La bibliografía en general considera a Azospirillum como uno de los géneros de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal más estudiados en la actualidad debido a su capacidad de mejorar significativamente el crecimiento y desarrollo, así como el rendimiento de numerosas especies vegetales de interés agrícola (Bashan et al. 2004).

Los primeros mecanismos propuestos para la promoción bacteriana del crecimiento vegetal han sido relacionados con el metabolismo del nitrógeno, a través de la fijación biológica en condiciones de vida libre o por el incremento de la actividad nitrato reductasa en condiciones endofíticas, pero han tenido una menor significancia agronómica respecto de lo que se esperaba inicialmente.

En contrapartida, uno de los principales mecanismos propuestos en la actualidad para explicar la promoción del crecimiento vegetal, estaría relacionado con la capacidad de este microorganismo para producir o metabolizar compuestos del tipo fitohormonas, tales como ácido indol acético; citocininas (Tien et al. 1979); giberelinas (Bottini et al. 1989) y etileno (Strzelczyk et al. 1994), así como de otras moléculas reguladoras del crecimiento vegetal, tales como el ácido abscísico (ABA) (Perrig et al. 2007) y la diamina cadaverina (CAD) (Cassán et al. 2003).

En los primeros, la respuesta de crecimiento fue atribuida por lo menos a tres mecanismos bacterianos de promoción: la fijación de nitrógeno atmosférico, la producción de fitohormonas tipo auxinas y giberelinas y el efecto indirecto de la interacción de *Azospirillum* sp. con la comunidad rizosférica.

Similares resultados fueron observados en plantas inoculadas de trigo y sorgo por Pozzo-Ardizzi (1982) y en varias especies de interés comercial (Paredes-Cardona et al. 1988, Sarig et al. 1990).

Veinte años de evaluación de ensayos de inoculación a campo, muestran que un 60-70 % de las experiencias realizadas fueron exitosas, con un incremento significativo de la producción entre un 5-30% en cultivos de interés agronómico (Bashan and Olguin 1997).

Hay en la actualidad productos comerciales que contienen este tipo de bacterias y se utilizan colocando un inoculante sobre la semilla previo a la siembra.

Dentro de las experiencias publicadas por el sector privado hay respuestas en trigo sobre un total de casi 300 casos (297) hay respuestas con mejoras de 8 % en rendimiento. También se mencionan mejoras en la producción de biomasa aérea y radical (12 y 22,5 % respectivamente) en Diaz Zorita et al (2009). Se encuentran además resultados de aumento de rendimiento en el cultivo de maíz con un aumento de producción de 511 kg por hectárea en más de 200 sitios experimentales.<sup>133</sup>

Los efectos de estos promotores de crecimiento son conocidos hace más de veinte años. Okon y Labandera (1994) hicieron hace algunos años una recopilación de 20 años de resultados, pero recién en el último quinquenio como resultado de acuerdos entre la empresa privada y organismos estatales se logró tener un producto que sea confiable de aplicación extensiva en el campo. Esto se debía a que había una cierta brecha entre los productos y efectos logrados en el laboratorio y los resultados que se obtenían a campo.

En la actualidad, aun cuando los resultados obtenidos con estos productos son discutidos a nivel académico, su difusión no es masiva. En la Argentina se estima que un 5 % de los cultivos de trigo y de maíz se hallan tratados con estos promotores de crecimiento. Algunas de las posibles causas a las que se atribuye la baja incorporación de esta tecnología pueden ser:

---

<sup>133</sup> [www.nitragin.com.ar/intranet/argentina/archivos/folleto/Folleto-digital-Nitragin-Maiz2010.pdf](http://www.nitragin.com.ar/intranet/argentina/archivos/folleto/Folleto-digital-Nitragin-Maiz2010.pdf) .

- a) La falta de resultados visibles a simple vista: una diferencia de 6 u 8 % en rendimiento no es perceptible de un lote a otro.
- b) El requerimiento de un trabajo extra, previo a la siembra, que exige tiempo y cierta inversión. Este trabajo se ve reducido en los productos de nueva generación que permiten el tratamiento de las semillas con más de una semana de anticipación a la siembra.

En cuanto a otros promotores de crecimiento, se puede también mencionar el efecto de las micorrizas. Al respecto existen evaluaciones realizadas por el INTA de Pergamino (Ferraris y Couretot) donde se encontraron aumentos de rendimiento del orden del 10 % en el cultivo de maíz, por efecto de Micorrizas.

A los efectos de este estudio, se valorizó el impacto potencial de la adopción de fijadores biológicos en Trigo y Maíz sobre las emisiones totales al 2020, tomando un efecto del 7% de incremento del rendimiento.

### 5.1.6. Rotaciones de cultivo y aporte de los cultivos en la rotación

Las emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O están en función de los residuos de cosecha (volumen y tipo de rastrojo) y de la cantidad de fertilizante agregado. Si analizamos las emisiones de los cultivos de soja, maíz, girasol y trigo en forma individual, rápidamente encontraremos que la soja es el cultivo que menos emisiones de N<sub>2</sub>O presenta, debido al bajo uso de fertilizantes y bajo aporte de residuos, en relación a los demás cultivos.

Por otro lado, los cultivos de maíz y trigo habitualmente requieren del agregado de N como fertilizante y por lo tanto presentan emisiones mayores por hectárea de este gas. Sin embargo, vale destacar que el uso de fertilizantes Nitrogenados en una rotación agrícola, también puede generar aportes importantes de residuos de cosecha, los cuales actúan como sumideros de carbono, dando lugar a menores emisiones totales, especialmente en sistemas de siembra directa.

A modo de ejemplo, la *Tabla 5.13* presenta las emisiones por hectárea, en kilos de equivalente CO<sub>2</sub>, de los cultivos de Trigo, Soja y Maíz para la zona de Pergamino, provincia de Buenos Aires, bajo siembra directa. En dicha Tabla, puede observarse que las emisiones por agregado de Fertilizantes en el maíz y el trigo son ampliamente compensadas por la variación de C en suelo, producto del mayor aporte de residuos de cosecha respecto al cultivo de soja

**Tabla 5.13. Emisiones Calculadas para la zona de Pergamino (N de Bs As) en base a los modelos de Producción Agrícola de AACREA, en siembra directa**

Cultivo		Soja	Trigo	Maíz
Rendimiento Cultivo	Kg/ Ha	3.700	4.500	9.200
Materia orgánica en suelos promedio	%	2.90%		
Emisiones residuos de cosecha	Kg CO <sub>2</sub> eq. / Ha	285	371	472
Emisiones fertilización	Kg CO <sub>2</sub> eq. / Ha	-	452	857
Emisiones uso de combustibles	Kg CO <sub>2</sub> eq. / Ha	74	86	86



Emisiones variación C en suelos (Carbono)	Kg CO <sub>2</sub> eq. / Ha	8.114	6.277	4.248
Emisiones variación C en suelos (Nitrógeno)	Kg CO <sub>2</sub> eq. / Ha	1.321	1.022	691
<b>Total Emisiones GEIs</b>	<b>Kg CO<sub>2</sub>eq. / Ha</b>	<b>9.795</b>	<b>8.207</b>	<b>6.354</b>
<b>Total Emisiones GEIs</b>	<b>Kg CO<sub>2</sub>eq. / Tn</b>	<b>2.647</b>	<b>1.824</b>	<b>691</b>

Fuente: Elaboración Propia

Utilizando los valores de la *Tabla 5.13*, se compararon tres secuencias de cultivos, con el fin de cuantificar el impacto de la rotación agrícola sobre las emisiones de GEIs. A tal fin se analizaron, para la zona de Pergamino (Provincia de Buenos Aires), tres rotaciones: "Soja continua", "Soja-Trigo/Soja 2da" y "Soja-Trigo/Soja 2da-Maíz".

El resultado de esta comparación se detalla en la *Tabla 5.14*. Ésta presenta la producción, en kilos totales de grano, y las emisiones totales, por hectárea y por tonelada de grano producido, de las tres rotaciones analizadas para un ciclo de seis años. Como puede observarse, las emisiones de óxido nítrico provenientes de fertilizantes fueron mayores en las secuencias que incluyeron trigo y maíz. No obstante, las emisiones totales de CO<sub>2</sub> por hectárea del monocultivo de soja, fueron de un 30 a un 36% superiores a las secuencias que incluyeron gramíneas. Si se observan las emisiones de CO<sub>2</sub> por tonelada de grano producido, el monocultivo de soja generó un 89% más que la rotación "Soja-Trigo/Soja 2da" y un 250% más que la rotación "Soja-Trigo/Soja 2da-Maíz".

**Tabla 5.14. Emisiones de tres Rotaciones agrícolas para Pergamino, Provincia de Bs As**

		<b>Rotacion 1</b>	<b>Rotacion 2</b>	<b>Rotacion 3</b>
		<b>Sj-Tr/Sj/Mz/Sj-Tr/Sj/Mz</b>	<b>Sj -Tr/sj -Sj -Tr/sj -Sj -Tr/sj</b>	<b>Sj-Sj-Sj-Sj-Sj-Sj</b>
<b>Produccion (Kgs)</b>	Soja	12,600	18,900	22,200
	Maíz	18,400	-	-
	Trigo	9,000	13,500	-
	<b>Total Rotacion</b>	<b>40,000</b>	<b>32,400</b>	<b>22,200</b>
<b>Emisiones Total por Hectarea (Kgs CO<sub>2</sub>eq/ha)</b>	Soja	23,645	34,528	52,357
	Maíz	10,683	-	-
	Trigo	4,172	5,853	-
	<b>Total Rotacion</b>	<b>38,500</b>	<b>40,381</b>	<b>52,357</b>
<b>Emisiones por Tn de Grano (Kgs CO<sub>2</sub>eq/Tn)</b>	Soja	1,877	1,827	2,358
	Maíz	581	-	-
	Trigo	464	434	-
	<b>Total Rotacion</b>	<b>962</b>	<b>1,246</b>	<b>2,358</b>

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de emisiones de las tres rotaciones descritas en la Tabla 5.14. pueden explicarse por el aporte significativamente mayor de residuos, y por lo tanto de carbono, que generan el trigo y maíz cuando son incluido en las rotación, en sistemas de siembra directa y con fertilización nitrogenada.

La *Tabla 5.15* presenta los aportes de residuos en kilogramos de materia seca por hectárea de los cultivos de Trigo, Maíz, Girasol, Soja 1ra y Soja de 2da, para rendimientos medios de la zona Norte de la provincia de Buenos Aires. Dicha tabla también detalla el sistema de raíces de los distintos cultivos, lo cual es de relevancia en el proceso de estructuración del suelo.

Vale mencionar que el rol de las raíces de las gramíneas es de suma importancia en la formación de micro y macroagregados en el suelo. Tisdale y Oades (1982) formularon dos mecanismos principales en la formación de microagregados y por lo tanto en la generación de la estructura del suelo. Estos mecanismos son el "atado" (binding) de las partículas de suelo, causado por el entramado de raicillas, y el "pegado" (bonding) causado por exudados radiculares y de microorganismos que viven en la rizosfera. Los mismos autores también hallaron que son los microagregados quienes confieren mayor protección a la fracción orgánica del suelo.

Este mecanismo es empíricamente conocido por el efecto que la alternancia de ciclos agrícolas con praderas consociadas (de gramíneas y leguminosas) tiene sobre la estabilidad de agregados y sobre la recuperación de la materia orgánica del suelo (Studdert et al., 1997; Eiza et al., 2005).

En este sentido, una pradera de alfalfa pura, de sistema radical pivotante, no tiene el mismo efecto sobre la agregación del suelo que una pradera de Festuca, cuyo sistema de raíces en cabellera genera un estrecho entramado de partículas de suelo y raíces.

La estructuración del suelo es de importancia en la dinámica del agua ya que mejora la capacidad de almacenaje y el drenaje. En nuestro país, Pecorari (1988) determinó que, en suelos Hapludoles, entre un 25 y un 30% de la porosidad total provenía de poros estructurales (porosidad estructural) y la fracción restante está determinada por la textura del suelo (Porosidad textural). De este modo un suelo que pierde estructura, pierde porosidad y por lo tanto capacidad de almacenaje y de exploración de raíces (Ferrerías et al., 2002; Cerisola et al., 2005).

Estos conceptos deben tenerse en cuenta por el hecho de haber migrado nuestro sistema de producción de rotación con praderas, a un sistema de agricultura continua donde la rotación esta determinada solamente por la secuencia de cultivos.

**Tabla 5.15. Aportes de residuos totales (rastrajo y raíces) en Kg. Materia seca/ha para cultivos de la zona Norte de la Provincia de Buenos Aires**

Cultivo	Rend Grano (kg/ha)	Residuos Totales (Rastrajo + Raíces)	Biomasa Aerea (Rastrajo)	Raíces	Tipo raíces
Trigo	3700	5550.0	5109.5	440.5	Cabellera
Maiz	9200	9587.5	8492.3	1095.2	Cabellera
Soja	3700	3467.7	3027.3	440.5	Pivotante
Girasol	2000	4904.8	4666.7	238.1	Pivotante
Soja 2da	2600	2909.5	2600.0	309.5	Pivotante
Trigo/Soja 2da	3700 / 2600	8459.5	7709.5	750.0	Cabellera / Pivotante

Fuente: Elaboración propia

En base a las rotaciones mencionadas (Tabla 5.14.) y los aportes de residuos por cultivo (Tabla 5.15.), se estimaron los aportes de residuos para la totalidad del ciclo agrícola de 6 años y el aporte promedio anual (Tabla 5.1.6.). Como puede observarse, el monocultivo de soja aporta aproximadamente entre un 40% y un 50% de los residuos que generan rotaciones que incluyen trigo y maíz (Tabla 93). Se debe subrayar que los rendimientos mencionados de Trigo y Maíz son alcanzables con aportes de fertilizantes nitrogenados. Por lo tanto, si bien el uso de fertilizantes nitrogenados en agricultura es una fuente importante de emisión de N<sub>2</sub>O, resulta imprescindible para la inclusión de gramíneas en la rotación, las cuales aportan un alto volumen de residuos a la cosecha y de una alta relación Carbono/Nitrógeno (C/N)<sup>134</sup> logrando mayor cobertura para los cultivos siguientes.

**Tabla 5.16. Aporte de Residuos (rastrajo y raíces) de tres secuencias de cultivos para el Norte de la Provincia de Buenos Aires, para un período de 6 años, expresado en kilogramos de materia seca por hectárea.**

Rotación Agrícola Ciclo de 6 años (Secuencia de cultivos)	Residuos Totales 6 años (Kg Mat.Seca/ Ha)	Residuos Promedio Anual (Kg Mat. Seca / Ha)
Sj-Tr/Sj-Mz-Sj-Tr/Sj-Mz	43,029.6	7171.6
Sj -Tr/sj -Sj -Tr/sj -Sj -Tr/sj	35,781.8	5963.0
Sj-Sj-Sj-Sj-Sj-Sj	20,806.4	3467.7

Fuente: Elaboración propia

En síntesis, a la hora de minimizar las emisiones de Oxido Nitroso resulta relevante la cantidad de fertilizantes nitrogenados que utiliza el sistema. Sin embargo, cuando se incluyen gramíneas en la rotación (trigo, maíz, etc), los fertilizantes nitrogenados pueden generar aportes importantes de residuos de cosecha, mejorando el balance de carbono del sistema y dando lugar a menores emisiones totales, especialmente en sistemas de siembra directa.

<sup>134</sup> La relación Carbono / Nitrógeno (C/N) de los residuos de gramíneas es aproximadamente de 75 u 80, mientras que en leguminosas como la soja es de 45.

Por lo tanto, desde el punto de vista de las emisiones de CO<sub>2</sub> las rotaciones que incluyen gramíneas, tales como trigo y maíz, dan lugar a una emisión neta menor que aquellas rotaciones con predominancia de leguminosas (soja, poroto, etc) y baja o nula presencia de gramíneas.

Paralelamente, otras cuestiones de orden agronómico confieren importancia a la presencia de gramíneas en la secuencia de cultivo de un sistema agrícola tales como el aporte de materia orgánica al sistema y al suelo y su rol sobre la estabilidad de agregados. El aporte de cobertura, que reduce la evaporación y el riesgo de erosión, permiten que el sistema de producción sea más sustentable y más estable en términos de conservación del recurso suelo y de la reducción del riesgo productivo.

Ambas cuestiones, las emisiones de GEIs y la sustentabilidad del recurso suelo, deben considerarse en la planificación de políticas de largo plazo, con el fin de equilibrar la secuencia de cultivos en las rotaciones de las distintas zonas de nuestro país

#### **5.1.7. Síntesis Tecnologías aplicables a sistemas agrícolas**

a. El uso de fuentes Nitrogenadas menos volátiles, pero fundamentalmente el uso combinado con polímeros retardadores o inhibidores de la liberación del N parece ser una tecnología de interés. En este sentido, la adopción masiva de inhibidores podría llevar tener impacto sobre los valores de volatilización y por lo tanto sobre las emisiones del sector agrícola a nivel nacional. Su valorización sobre las emisiones se analiza más adelante, en este estudio.

b. La incorporación y aplicación dividida en los cultivos, en las situaciones que esto sea posible, deberían ser prácticas masivamente adoptadas por su doble conveniencia económica y ambiental.

c. El desarrollo de fijadores biológicos y su expansión a otros cultivos es promisorio ya que permite disminuir la cantidad de fertilizante sintético agregado al sistema y, por lo tanto, el total de las emisiones provenientes de su uso. Paralelamente, no se ha difundido a nivel general el impacto de los fijadores libres utilizados en gramíneas y hay conocimiento del grado de avance de esta tecnología. El problema logístico de tratar la semilla, es una barrera relativa en su adopción, ya que esta práctica se realiza desde hace décadas se realiza en el cultivo de soja.

d. En cuanto a las rotaciones, la intensificación de sistemas de producción que incorporan gramíneas (trigo y maíz) utilizando fertilizantes nitrogenados, generan mayores emisiones de óxido nítrico, pero pueden generar mayores residuos de cosecha que actúan como sumideros de carbono dando lugar a menores emisiones totales de GEI.

e. Asimismo, aquellas rotaciones que incorporen mayores proporciones de gramíneas en sus secuencia de cultivo, serán más sustentables desde la óptica del recurso suelo, mejorando el balance de materia orgánica y sus propiedades físicas (estructura, porosidad e infiltración).

Paralelamente, la inclusión de gramíneas y leguminosas en las rotaciones tiene un efecto adicional de suma importancia en la diversificación del riesgo productivo, por impacto climático, y de ocurrencias de plagas y enfermedades

## **5.2. Tecnologías Aplicables a Sistemas de Ganadería Bovina**

### **5.2.1. La eficiencia de los sistemas de producción de carne bovina**

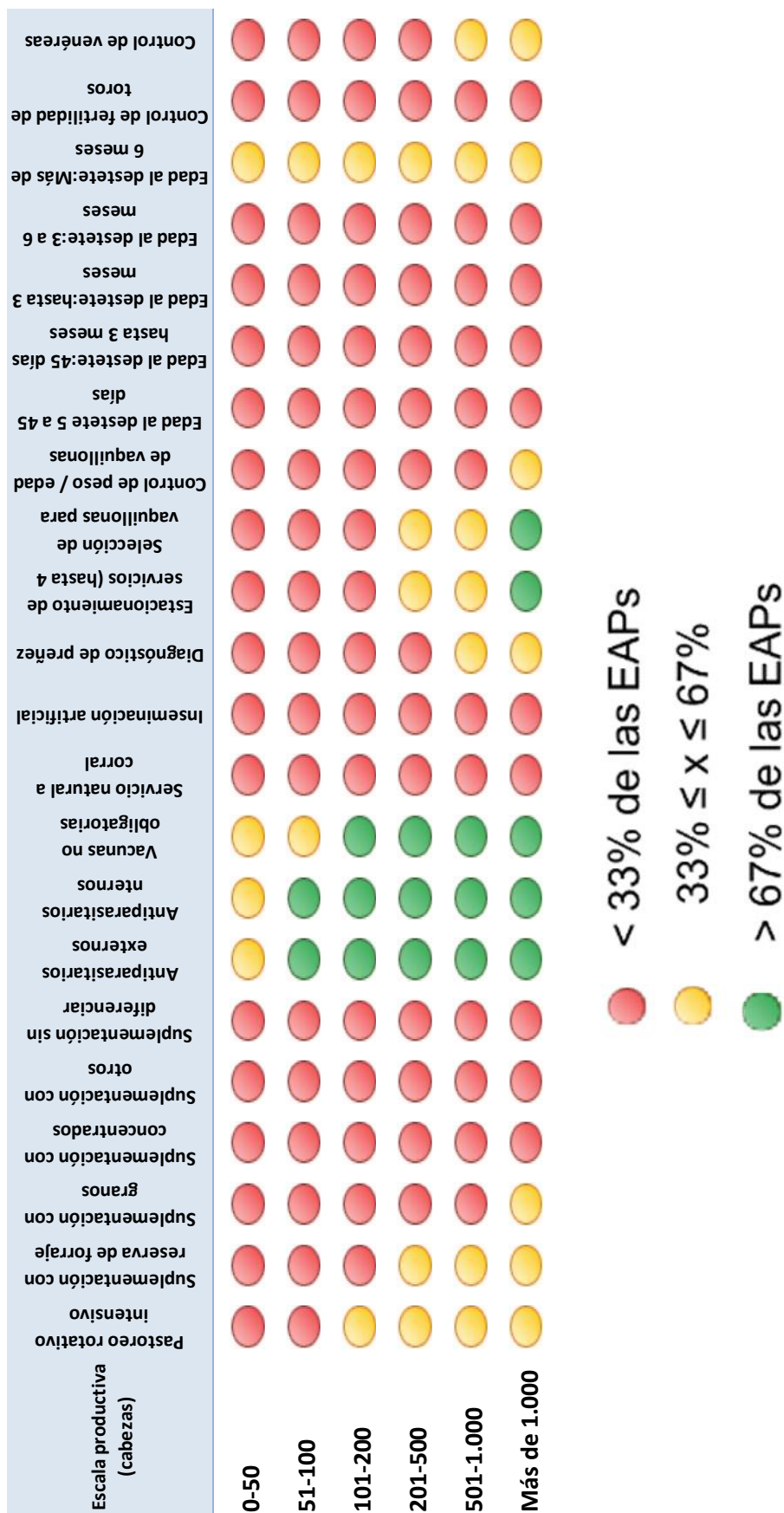
La producción ganadera nacional tiene una muy baja tasa de crecimiento y niveles de eficiencia medio comparados con países de tradición ganadera. Esto se explica parcialmente por una baja eficiencia reproductiva.

### **5.2.2. Adopción de tecnologías en los sistemas ganaderos actuales**

La falta de un crecimiento sostenido en la producción de carne bovina en los últimos años puede ser explicado parcialmente por la falta de adopción de tecnologías básicas disponibles.

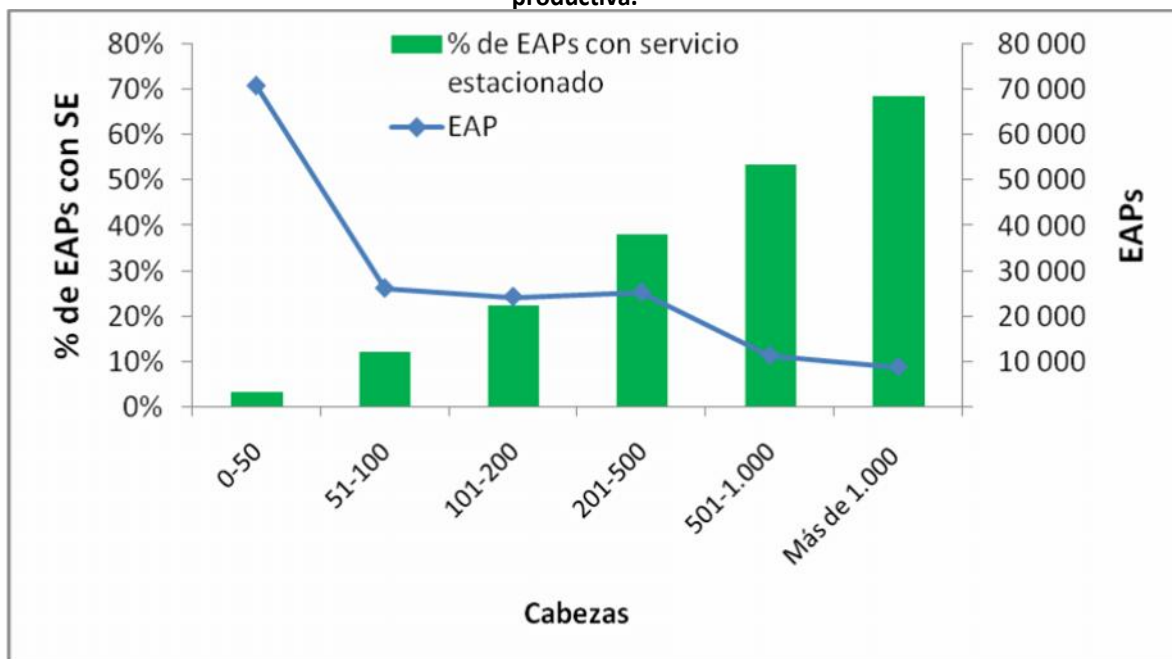
La *Figura 5.21* muestra la adopción de una serie de tecnologías seleccionadas según la escala productiva. Se observa que a medida que aumenta la escala la adopción tecnológica se incrementa. Sin embargo, incluso en las escalas más altas la adopción de ciertas tecnologías es escasa, tal es el caso del uso de pastoreo rotativo intensivo, el diagnóstico de preñez, el estacionamiento de servicios, y el control de fertilidad de los toros.

Figura 5.21. Adopción tecnológica en los planteos ganaderos de carne de Argentina según escala productiva. En rojo si menos del 33% de los establecimientos agropecuarios (EAP) adoptan la tecnología, en amarillo si entre el 33% y el 67% de las EAPs la adoptan, y en verde si más del 67% de las EAPs adoptan la tecnología.. Censo Nacional Agropecuario (2002).



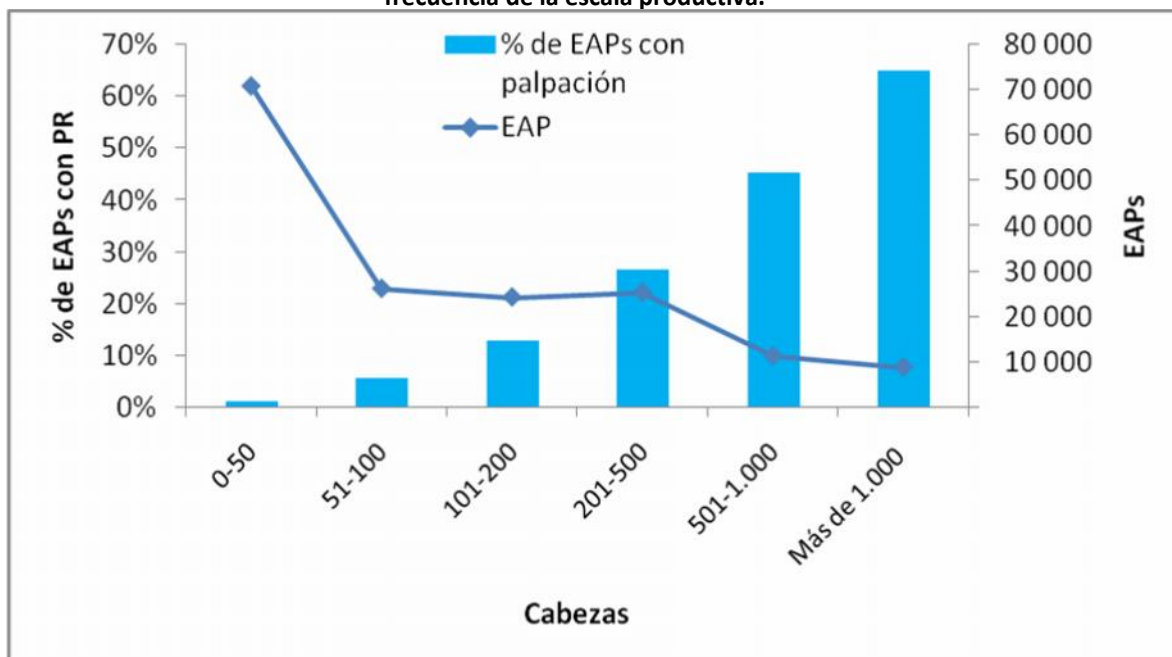
El servicio estacionado y la detección de preñez por palpación rectal, que son tecnologías básicas y de costo cero o muy reducido, tienen una escasa adopción (Figura 5.22. y 5.23.).

**Figura 5.22. Adopción del servicio estacionado según escala productiva y frecuencia de la escala productiva.**



Fuente: Censo Nacional Agropecuario (2002) y SENASA.

**Figura 5.23. Adopción del diagnóstico de preñez por palpación rectal según escala productiva y frecuencia de la escala productiva.**



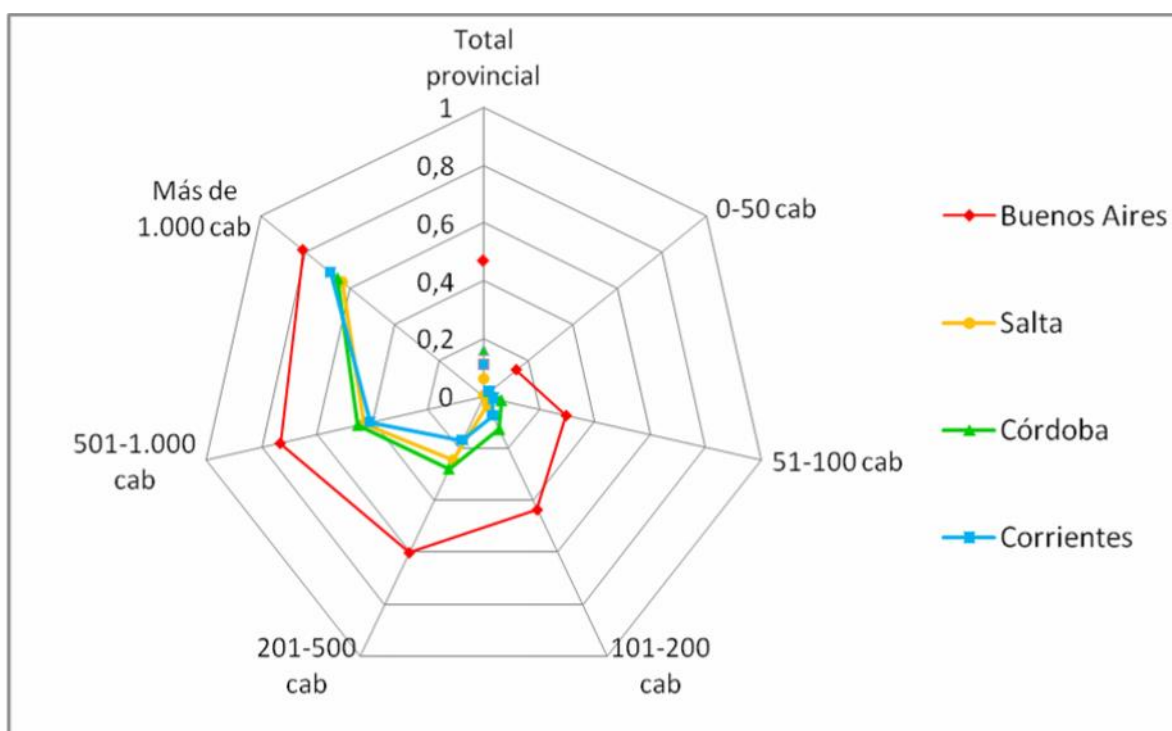
Fuente: Censo Nacional Agropecuario (2002) y SENASA.

La *Figura 5.22* muestra que el apenas el 20% de las EAPs adopta el servicio estacionado en menos de 4 meses. El 40% del rodeo nacional se encuentra en planteos de menos de 500 cabezas. En esta escala productiva apenas el 14% adopta el servicio estacionado. Dentro de los EAPs con más de 500 cabezas, donde se encuentra el 60% del stock nacional, el 60% de las EAPs estaciona el servicio.

En referencia a la palpación rectal, según el Censo Nacional Agropecuario (2002), el 14% de las EAPs con cría bovina aplica la tecnología. En relación a la escala, el 8% y el 54% la adoptan en los EAPs de menos o más de 500 cabezas, respectivamente.

Sin embargo, no es solo la escala lo que influye en la adopción tecnológica sino también la localización. La *Figura 5.24* muestra la adopción del servicio estacionado para diferentes escalas y provincias según el Censo Nacional Agropecuario (2002). Es interesante observar que la tasa de destete de Buenos Aires, Salta, Córdoba y Corrientes es 73%, 65%, 58% y 47%, respectivamente, mostrando una correlación entre adopción tecnológica y eficiencia reproductiva.

**Figura 5.24. Adopción del servicio estacionado según escala productiva y provincia**



**Fuente: Censo Nacional Agropecuario (2002)**

En síntesis, las tecnologías básicas en los sistemas productivos de carne bovina tienen una escasa adopción, indicando que existe un potencial muy alto de crecimiento de la producción si estas se adoptan.



### 5.2.3. Impacto de la eficiencia productiva sobre la energía y el nitrógeno

En la producción animal se define los requerimientos energéticos de mantenimiento como la cantidad de energía consumida que no resulta en ganancia o pérdida de peso de los tejidos corporales. Esta energía es utilizada para la regulación de la temperatura corporal, procesos metabólicos esenciales y actividad física (National Research Council, 1996).

El mantenimiento de una vaca de cría representa la fracción principal de los requerimientos de energía alimenticia requerida para la producción de carne. Aproximadamente el 70% de la energía requerida para mantener el rodeo de vientres es atribuible a los costos energéticos de mantenimiento (Ferrell y Jenkins, 1984). Este valor es para planteos con una alta eficiencia reproductiva. Sin embargo, considerando los valores promedios de tasa de destete de Argentina la fracción de la energía alimenticia asignada al mantenimiento se encuentra en valores próximos a 74% (Tabla 5.17).

**Tabla 5.17. Fracción de la energía y del nitrógeno utilizado en mantenimiento para dos planteos de cría en Argentina**

	Alta producción	Promedio país
Tasa de destete (%)	85%	63%
Mortandad (%)	2%	5%
Edad al primer servicio (meses)	15 meses	27 meses
Mcal de EM mantenimiento / kg PV	43,1	56,6
% de la energía en mantenimiento	70%	74%
g N mantenimiento/ kg PV venta	98,49	121,33
g N excretados / kg PV venta	321	329
% del N excretado para mantenimiento	28%	34%

Durante la etapa de recría y engorde, la fracción de la energía consumida que es utilizada para el mantenimiento de las funciones vitales y la actividad física del animal, es significativamente menor que dura la etapa de cría, aunque depende de los sistemas productivos y en especial de la velocidad de crecimiento y tiempo en que el animal se encuentra en esta fase. Raramente este valor se encuentra por debajo del 40% (National Research Council, 1996). Así, en los Estados Unidos se estima que el 50% de la energía consumida es utilizada para el mantenimiento (Solís et al., 1988). Este valor es muy dependiente de la longitud de la fase de recría y engorde, por lo que para Argentina se estima un valor sensiblemente mayor al mencionado para EE.UU. (Tabla 5.17.).

Los antecesores nitrogenados del óxido nitroso generados por el animal están relacionados a la proteína de mantenimiento y al nitrógeno contenido en el alimento y que no es retenido en el animal.

De manera similar a la energía, los bovinos tienen un requerimiento de proteína de mantenimiento que está relacionado a la proteína metabólica fecal, la proteína endógena urinaria y la proteína superficial (National Research Council, 1985). Existen diversos factores que afectan la proteína de mantenimiento como por ejemplo el peso vivo del animal, el consumo de materia seca, y la digestibilidad de la dieta. Sin embargo, los principales sistemas de alimentación adoptan valores relacionados al peso metabólico del animal (PV<sub>0,75</sub>), variables entre 3,25 g diarios/kg PV<sub>0,75</sub> y 3,8 g diarios/kg 0,75 (National Research Council,

1996, Institut National de la Recherche Agronomique, 1988). La eficiencia de conversión (EF) de proteína metabolizable en proteína neta es calculada según las ecuaciones siguientes (National Research Council, 1996):

Si PVd ≤ 300 kg, EF = 0,834 – (PVd\*0,00114),  
 Si PVd > 300 kg, EF = 0,492

Donde PVd es el peso vivo desbastado del animal.

La *Tabla 5.18* presenta la estimación de excreción de nitrógeno para mantenimiento por kg de peso vivo producido para dos planteos de cría, uno de alta producción y otro de nivel promedio. Para producir la misma cantidad de peso vivo, el planteo promedio país excreta un 23% más de nitrógeno que el sistema de alta producción, debido fundamentalmente al aumento en la producción. El sistema de alta producción tiene un mayor consumo de forraje y proteína, aumentando la excreta total de N por animal y reduciendo la diferencia en la cantidad total de N excretado por kg de venta entre ambos planteos. El porcentaje de las excreciones de mantenimiento es significativamente mayor en el planteo promedio que en el de alta producción. Esto muestra un impacto altamente beneficioso de la mayor producción similar al estimado en términos energéticos.

Los planteos de cría bovina en Argentina tienen una amplia dispersión en los niveles de eficiencia, por lo que los niveles de alta producción coexisten con los de baja adopción tecnológica y producción, resultando en un sistema promedio de mediana producción. Esto permite vislumbrar un alto potencial en la reducción de las excreciones de N por unidad de producto en los sistemas productivos de cría.

En la tabla se incluye la estimación de la excreción de N para mantenimiento en tres planteos de recria e invernada. La cantidad de nitrógeno de mantenimiento excretado por kg de PV producido aumenta con la duración del período de engorde de manera similar al aumento en la fracción de energía que es utilizada para mantenimiento y a la cantidad de energía utilizada para mantenimiento por kg de PV producido. De similar manera aumenta el N total excretado por kg de PV producido, manteniendo valores similares para los tres planteos en la fracción de N que es excretado correspondiente al mantenimiento

**Tabla 5.18. Fracción de la energía y del nitrógeno utilizado en mantenimiento para tres planteos de invernada en Argentina**

	Invernada corta	Invernada intermedia	Invernada larga
Peso vivo inicial (kg)	170	170	170
Peso vivo final (kg)	320	430	490
Duración (meses)	7	14	22
Ganancia de peso vivo media (kg/d)	0,71	0,61	0,48
Mcal de EM mantenimiento / kg PV de venta	5,2	8,8	12,7
% de la energía en mantenimiento	55%	61%	66%
g N mantenimiento / kg PV producido	29	36	41
g N excretados / kg PV producido	161	192	242
% del N excretado para mantenimiento	18%	19%	20%

En la actualidad los tres sistemas de invernada coexisten en la Argentina, aunque durante los últimos 6 años se han incrementado los planteos de invernada corta e intermedia con la inclusión de una fase de alimentación en confinamiento, en detrimento de los de invernada larga.

En síntesis, el principal uso del alimento ingerido por los bovinos de carne es el mantenimiento. Los diversos sistemas productivos de cría e invernada difieren significativamente en los niveles de demanda de energía y proteína total y para su mantenimiento. Existe un alto potencial para reducir la excreción de N por kg de producto final tanto en los sistemas de cría como de recría y engorde.

#### **5.2.4. Evolución de los sistemas ganaderos al 2020**

La alta competencia con la agricultura por el uso de la tierra, un mercado global sostenido en su demanda por los próximos 10 años, modificación en el gusto de los consumidores, la escasez relativa de carne bovina en el nivel local y muy buenos precios por los productos cárnicos son las variables conductoras de una posible nueva dinámica de los sistemas ganaderos para el 2020.

Algunos de estos cambios ya comenzaron y es esperable que continúen y se profundicen en los próximos años si las condiciones macro del país se mantienen relativamente constantes. Dentro de estos se encuentran la relocalización de la ganadería y el aumento en el porcentaje de animales en confinamiento. Otros cambios deseables comenzaron pero no se conoce si son modificaciones estructurales o responden a una coyuntura. Ejemplo de esto es el aumento en el peso medio de carcasa.

Finalmente, existen otros cambios fundamentales pero que aún no han comenzado pero que una ganadería más eficiente requiere urgentemente su comienzo. La mejora en la eficiencia reproductiva de los planteos de cría es un ejemplo de estos.

##### **5.2.4.1. Relocalización de la ganadería**

La ganadería en Argentina se encuentra bajo un proceso de relocalización que es relativamente reciente y está conducido principalmente por la competencia en el uso de la tierra con la agricultura. En los últimos 15 años el área ocupada con cultivos de verano se incrementó en 11 millones de hectáreas, restando superficie a la ganadería (*Figura 5.25.*).

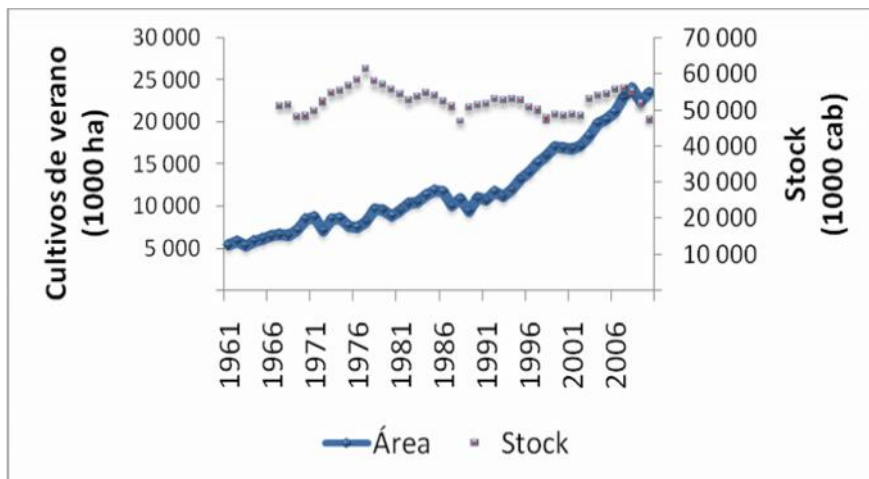
Además del impacto cuantitativo, la agricultura toma de la ganadería los suelos con mayor potencial productivo por lo que el impacto se magnifica. La región pampeana, con los suelos más productivos de la Argentina, incrementa anualmente su área con cultivos de verano a razón de 526 000 ha (*Figura 5.26.*).

La Figura 105 muestra que entre 1960 y 2010 existió un proceso de relocalización a nivel provincial. Buenos Aires, con los valores más altos de stock y productividad, pasó en este período de tener el 40% al 36% del rodeo nacional.

Esto coincide con la evolución del porcentaje de vientres por región (*Figura 5.27.*). La región pampeana pasó de tener el 55% de los vientres a aproximadamente el 50% entre 2003 y 2010, y su reducción aparentemente continua en una tendencia a perder 0,8 puntos porcentuales

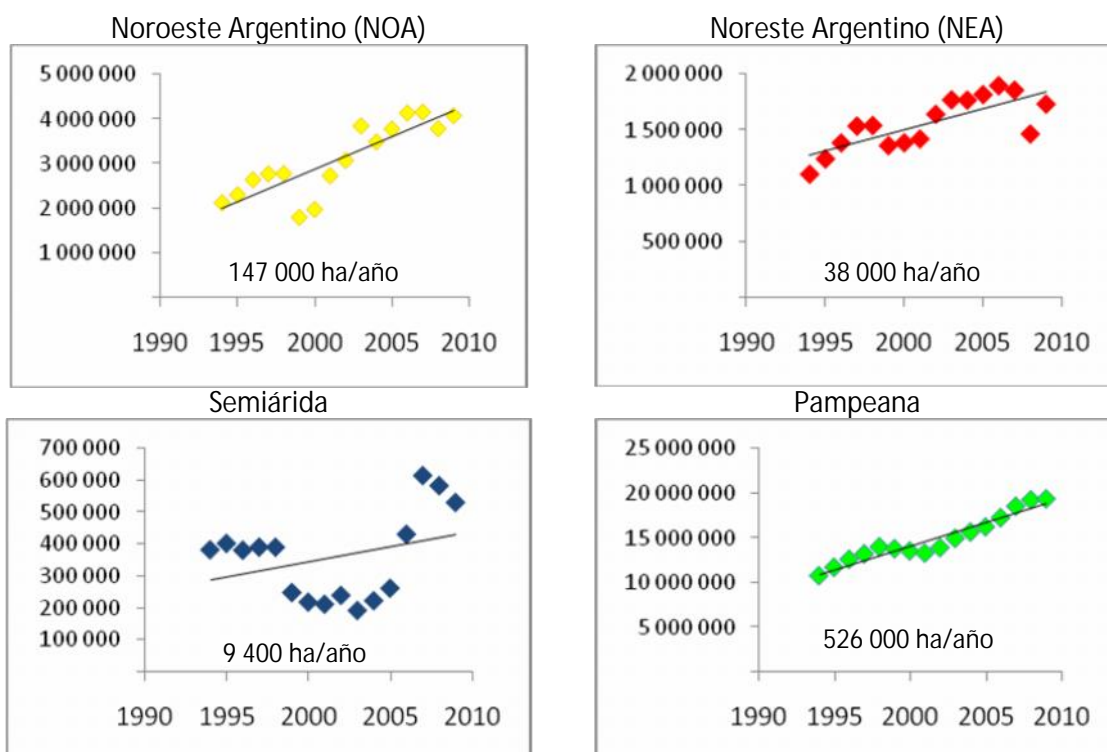
por año. Debido a que el stock se mantiene relativamente constante, las regiones NOA y NEA incrementaron su stock de vientres.

**Figura 5.25. Evolución del stock bovino y el área con los principales cultivos de verano**



Basado en SIIA y FAOSTAT.

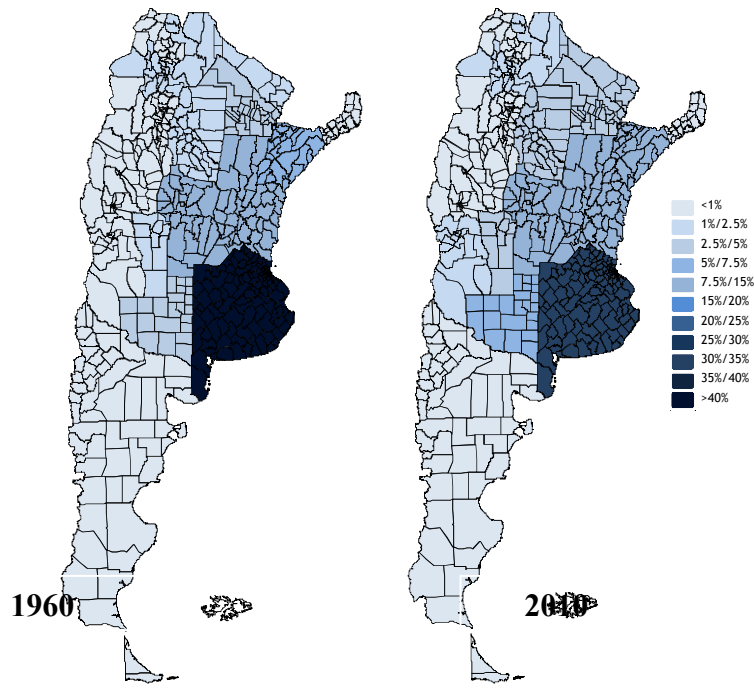
**Figura 5.26. Evolución del área con cultivos de verano para cuatro regiones productivas.**



El eje de las ordenadas indica las hectáreas

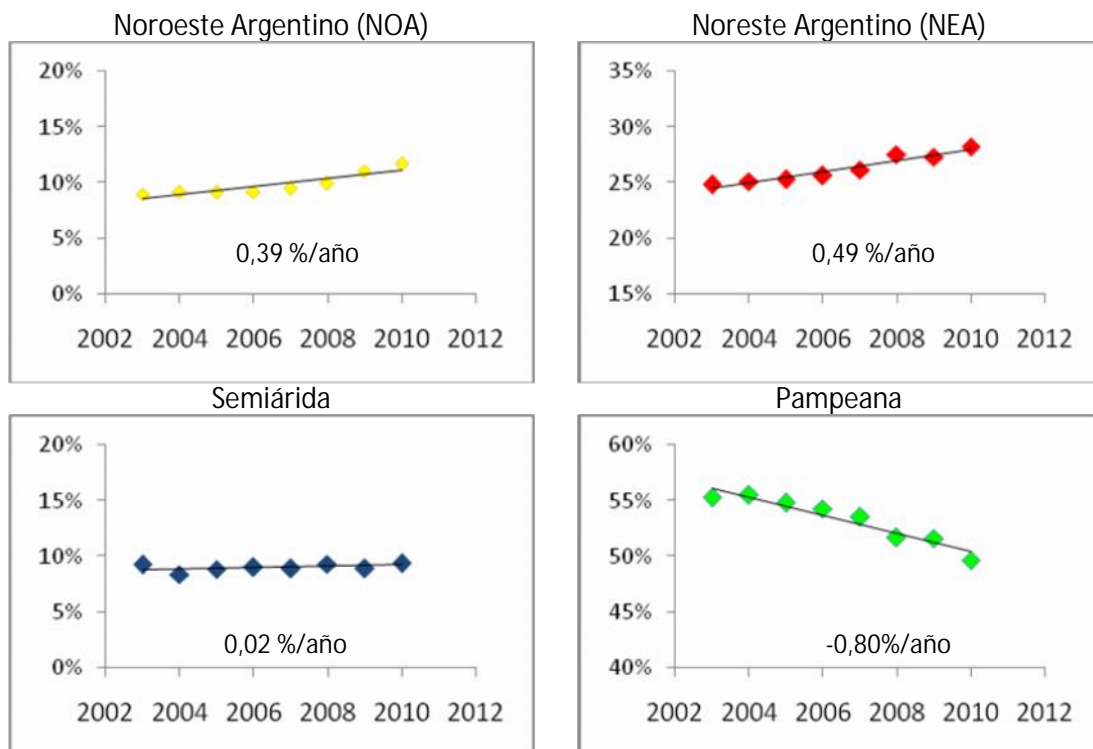
Fuente: Elaboración propia en base a SIIA.

Figura 5.27. Evolución de la fracción del stock bovino por provincia entre 1960 y 2010. Unidad de I+D



Fuente: AACREA.

Figura 5.28. Evolución del porcentaje de vientres regional para cuatro regiones productivas y la tendencia anual



Fuente: Elaboración propia en base a SENASA.

Es interesante observar que la región pampeana tiene un porcentaje de destete de aproximadamente 70%, versus el 58% y 54% que tienen las regiones NOA y NEA respectivamente.

Adicionalmente al fenómeno macro de relocalización de la ganadería, existe una relocalización micro dentro de cada región y cada establecimiento, donde la ganadería comenzó a ocupar los suelos con menor aptitud agrícola y por lo tanto con menor potencial productivo. Esto redujo la importancia de las pasturas de alta calidad (con excesos proteicos) y colaboró a incrementar significativamente el confinamiento de los animales.

#### **5.2.4.2. Aumento en el porcentaje de animales en confinamiento**

Existen varios fenómenos que colaboran en el aumento de animales en confinamiento como ser la relocalización de la ganadería macro y micro, el aumento en la oferta de granos, la mayor demanda de ciertos parámetros de calidad, y la participación de las empresas frigoríficas en la última etapa de la producción.

La relocalización de los animales en el nivel macro lleva a la posibilidad de uso de los sistemas de confinamiento como manera de agregar valor a los granos (especialmente maíz y sorgo) producidos en zonas muy alejadas de los puertos, en especial la región NOA.

En el nivel micro, dentro de cada establecimiento el confinamiento de animales para su recría y/o terminación es favorecido por la reducción en el área ganadera y el aumento en la producción de granos dentro del establecimiento, por lo que al menos parte de lo producido es posible de transformarlo en carne.

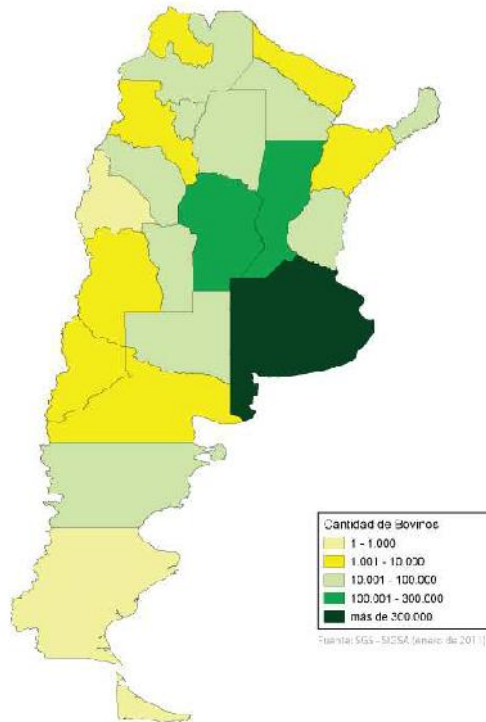
Los establecimientos a corral están distribuidos por todo el país, siendo Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba las provincias con mayor cantidad de animales confinados (*Figura 5.29*).

En el año 2009 la existencia de animales en confinamiento superó los 2.100.000 cabezas instantáneas en establecimientos registrados en el SENASA. Esto indicaría que existe capacidad instalada para más de 7 millones de cabezas, considerando que se pueden realizar 3,5 ciclos anuales.

El año 2009 fue especialmente favorable para los sistemas de confinamiento ya que el Gobierno Nacional promovió un sistema de compensación de los gastos de alimentación y los precios de la hacienda se encontraban en valores históricamente bajos por un proceso de liquidación de stock.

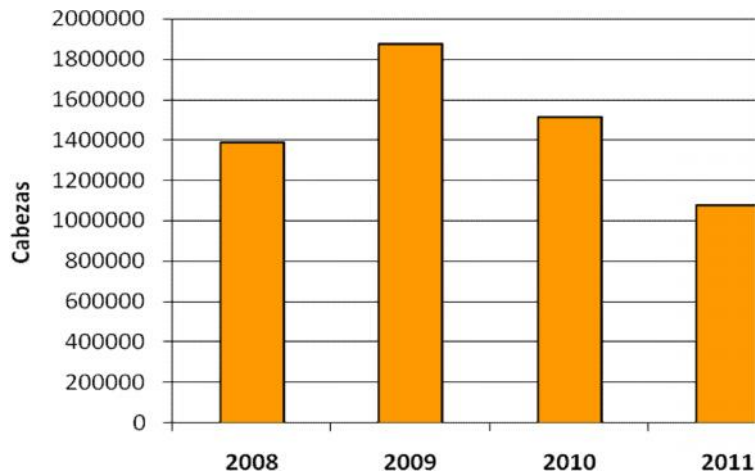
El año 2010 y 2011, por el contrario, encuentran a los sistemas de engorde en corrales ante un problema ya que las relaciones compra – venta son muy desfavorables para el engordador, esto reduce coyunturalmente la ocupación de los corrales (*Figura 5.30*).

Figura 5.29. Cantidad de bovinos en engorde a corral por provincia.



Fuente: SENASA, 2011.

Figura 5.30. Promedio mensual de existencias en establecimientos de corral. 2011 incluye solamente los valores de enero.



Fuente: SENASA, 2011.

Además de los incentivos que se implementaron durante 2009 para el confinamiento de animales, y a pesar de la reducción en la ocupación actual, esta actividad sigue en plena expansión debido a que satisface la demanda de terneza, principal atributo de calidad para el consumidor. Adicionalmente, los animales en corral son terminados a un peso menor en líneas generales que los terminados sobre pasturas, por lo que provee un animal liviano adecuado

para el mercado interno, el cuál sido privilegiado por la política comercial de Argentina desde el 2005. Adicionalmente, el sistema de confinamiento permite homogeneizar la terminación de lotes de animales.

Diversas empresas frigoríficas han instalado establecimientos propios de corral. Estos cumplen una función comercial muy importante, ya que les permite abastecerse en momentos puntuales de escasez de animales terminados sin necesidad de convalidar en el mercado precios muy altos.

Una cuestión a considerar en el futuro desarrollo de los establecimientos de engorde a corral, es la rápida expansión de plantas destinadas a la producción de etanol a partir de maíz. Como subproducto de la fermentación se genera DGS, granos de destilería más solubles por sus siglas en inglés. Debido a que la fermentación se lleva la porción de almidón, el subproducto es una excelente fuente proteica (Klopfenstein et al., 2008). Un crecimiento de la inclusión de estos subproductos en dietas de terminación a corral puede conducir a dietas hiperproteicas, con el consecuente incremento significativo en la excreción de nitrógeno, así como también del incremento en la excreción de otros potenciales contaminantes como P y S (Spiehs y Varel, 2009).

#### **5.2.4.3. Aumento en el peso medio de carcasa**

El peso medio de carcasa muestra cuantos kilogramos de producto se extraen por cada animal que se envía a faena luego de un proceso que lleva varios años, entre la cría y el engorde.

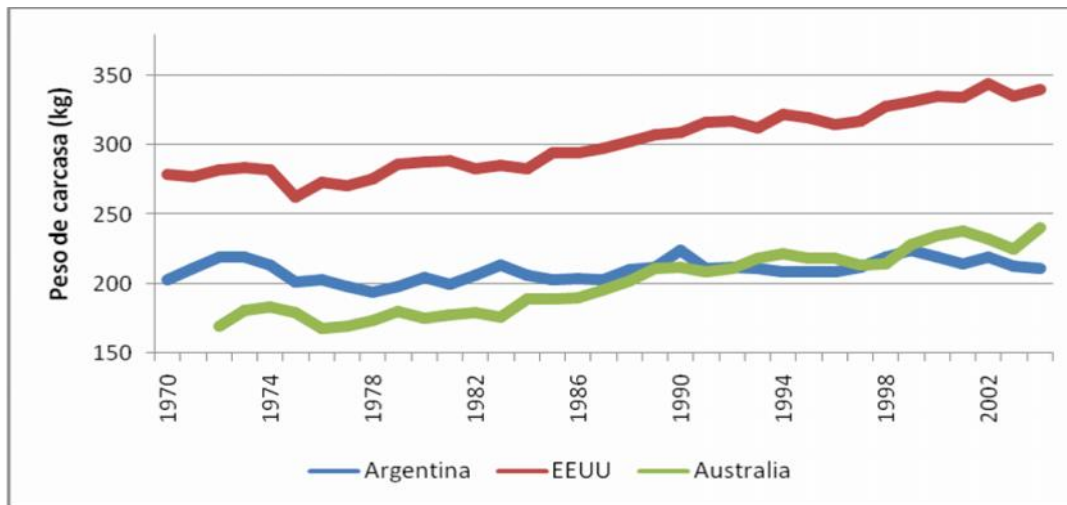
En Argentina el peso medio de carcasa se ha mantenido relativamente constante en los últimos 50 años. Sin embargo, países como Australia y Estados Unidos han incrementado significativamente su peso medio de carcasa en este período (*Figura 5.31*). Esto les permitió mantener la tasa de crecimiento en la producción de carne bovina, mientras en Argentina ésta se encuentra estancada.

Existen varias razones para explicar el bajo valor en el peso medio de carcasa. Por un lado, la ganadería de Argentina ha estado orientada sistemática a proveer alimento el mercado interno el cuál selecciona animales de bajo peso por relacionarlo con una baja edad del animal, y por lo tanto con atributos como la terneza. El sistema de clasificación de reses enfatiza el peso de la res como característica, por lo que, independientemente de la edad del animal faenado, el precio por kg es menor en animales más pesados que en los livianos. La exportación de carne bovina ha estado sujeta a numerosas intervenciones del mercado por parte del Estado a lo largo de la historia. Ejemplo de esto es la prohibición a las exportaciones de carne durante el 2006. En la actualidad la producción de animales de peso elevado, con destino potencialmente de exportación, se restringe a aquellos sistemas que no pueden implementar por condicionantes ambientales un sistema de mayor velocidad de engorde y con menor peso de terminación.

Por otro lado, las condicionantes de mercado condujeron a los sistemas productivos a enfatizar animales de razas británicas de tamaño corporal reducido, con bajos costos de mantenimiento, adaptables a la situación de cría y engorde en situaciones extensivas.



**Figura 5.31. Evolución del peso medio de carcasa de Argentina, EEUU y Australia**



**Fuente: Elaboración propia en base a IPCVA, USDA, y Australian Bureau of Statistics.**

Los escenarios planteados por la Mesa Ganadera del Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial hacia el año 2020, incluyen aumentos de 20 – 30 kg en el peso medio de carcasa. Dentro de estos planteos se encuentra el fomento a través de diferentes estrategias de sistemas que recríen de manera eficiente los animales hasta los 310 – 320 kg. Luego estos animales son terminados en confinamiento con 430 kg de PV. Esto puede generar una significativa reducción en las excreciones de N por kg de PV producido en comparación con los planteos tradicionales de invernada corta, intermedia y larga (Tabla 5.19).

**Tabla 5.19. Fracción de la energía y del nitrógeno utilizado en mantenimiento para tres planteos tradicionales de invernada y un planteo mejorado**

	Invernada corta	Invernada intermedia	Invernada larga	Invernada mejorada
Peso vivo inicial (kg)	170	170	170	170
Peso vivo final (kg)	320	430	490	430
Duración (meses)	7	14	22	10
Ganancia de peso vivo media (kg/d)	0,71	0,61	0,48	0,84
Mcal de EM mantenimiento / kg PV de venta	5,2	8,8	12,7	6,54
% de la energía en mantenimiento	55%	61%	66%	56%
g N mantenimiento / kg PV producido	29	36	41	26
g N excretados / kg PV producido	161	192	242	141
% del N excretado para mantenimiento	18%	19%	20%	19%

**Fuente: Elaboración propia**

A nivel productor, el aumento del peso medio de carcasa se encuentra muchas veces relacionado al incremento en la duración del período de recría y engorde y/o en el nivel de inversión necesario. Ambas situaciones requieren un aumento en el nivel de certidumbre sobre la posibilidad de comercialización de los productos generados. Las acciones que conduzcan a reducir la incertidumbre en el mercado, sin reducir los precios obtenidos, llevarán a un aumento en el peso medio de carcasa.

#### 5.2.4.4. Mejora en la eficiencia reproductiva de los planteos de cría

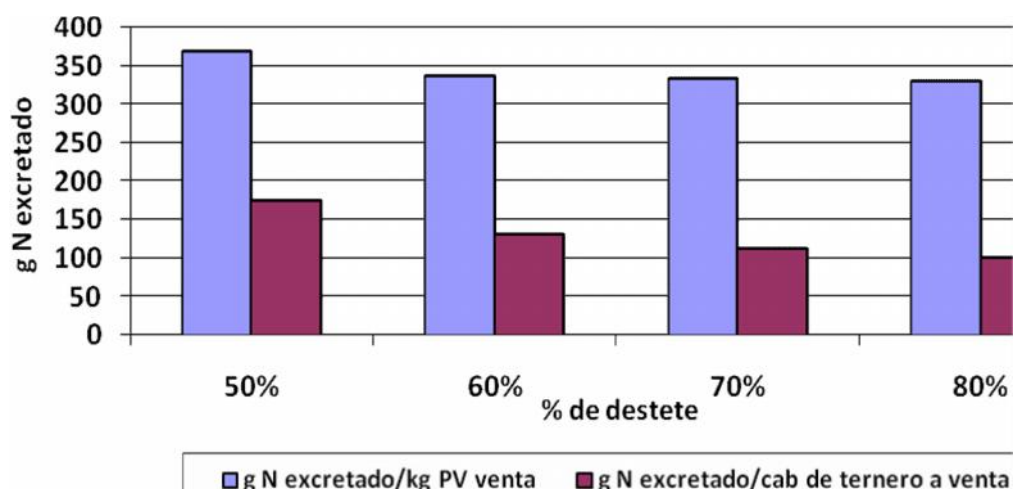
El sector de la cría bovina tiene niveles de eficiencia que pueden ser ampliamente mejorados.

El aumento en la eficiencia es altamente deseable ya que no está claro que sea posible, en las condiciones actuales, aumentar significativamente el stock bovino debido a restricciones de receptividad ganadera. En esta línea se encuentra la información generada por el proyecto "Sistema nacional de diagnóstico, planificación, seguimiento y prospección forrajera en sistemas ganaderos" llevado a cabo por la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, AACREA, el INTA y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, y financiado por el IPCVA.

Si la receptividad ganadera no se puede incrementar sensiblemente, la gran limitante para el incremento en la producción de carne es la cantidad de terneros producidos. Es por esto imperioso que se incremente la tasa de destete. Los escenarios planteados por la Mesa Ganadera del Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial hacia el año 2020, incluyen incrementos en la tasa de destete hasta valores de 75%.

Las excreciones de N por unidad de producto se reducen significativamente al aumentar la producción (Figura 5.32).

Figura 5.32. Nitrógeno excretado por unidad de producto (kg PV o Cabeza de ternero destetado) en función del porcentaje de destete del rodeo de cría.



Es importante mencionar que si bien la mejora en la eficiencia reproductiva es un objetivo que ha motivado una gran cantidad de investigaciones y planes de desarrollo ganadero, la tasa de destete se ha mantenido relativamente constante durante 50 años. Esto estaría demostrando que existen condicionantes sistémicos que conducen a mantener baja la productividad de los sistemas de cría a pesar de la disponibilidad de tecnología, situaciones económicas y relocalizaciones de la actividad.

Dado que esta actividad responde de manera muy lenta a la incorporación de tecnologías, sin lugar a dudas, la modificación de esta situación de baja productividad requiere la adecuación del marco normativo e institucional para generar confianza en los productores y empresarios de la actividad cría bovina, para poder realizar las inversiones necesarias.

#### **5.2.4.5. Consociación de pasturas con leguminosas en áreas ganaderas templadas y subtropicales**

El uso de leguminosas en las pasturas consociadas en todo el mundo tiene una importancia radical en dos aspectos: por un lado provee al forraje de un alto contenido de proteína y por otro lado incorpora al sistema pastoril Nitrógeno fijado del aire mediante fijación simbiótica. Esto permite un aumento de la producción de forraje y la disminución y/o eliminación de la necesidad de fertilización de los mismos con fertilizantes nitrogenados:

Para poder hacer un diagnóstico de la situación actual y de los factores de mayor necesidad de trabajo e investigación dividimos los aportes en dos grandes grupos de pasturas:

- Pasturas templadas
- Pasturas subtropicales

##### **a. Pasturas templadas**

En estas zonas son bien conocidas las virtudes de la consociación de gramíneas con leguminosas o de praderas de leguminosas solas. También se han medido las cantidades de N que pueden incorporar al sistema. En un ensayo que se realizó en 5 estaciones experimentales de INTA a lo largo del país: Rafaela, Santa Fe; Manfredi, Córdoba; Anguil, La Pampa; Gral Villegas, Buenos Aires y Barrow, Buenos Aires, se logró medir valores de fijación de Nitrógeno que oscilaron entre los 100 y 400 kilogramos por hectárea por año, dependiendo de la producción de Materia seca producida.

Los valores de materia seca producida estuvieron en función de las precipitaciones de cada año y cada sitio. (Racca et al 2001). Estos valores coinciden con la bibliografía internacional y muestran el gran impacto de la fijación simbiótica de N en los sistemas consociados con alfalfa u otras leguminosas.

Con respecto a otras especies leguminosas utilizadas, tales como Trébol rojo, Trébol blanco, Melilotus alba, Lotus tenuis, etc, se ha determinado también niveles de fijación de N. Dichas especies, si bien en general fijan menos N que la alfalfa, también oscilan en valores superiores a los 100 kg /ha por año, en promedio.

Uno de los temas sobre el cual hay poco desarrollo de información a nivel local está referido al grado de influencia de la fijación de estas especies sobre las gramíneas en praderas polifíticas y que características tiene el N residual, ya que según la especie, puede tener distintas características. (Rasmussen et al 2011)

Se han recibido comentarios acerca de la afectación de la nodulación y suposición de una disminución de la fijación de N debido a la acidificación del suelo en los sistemas agrícolas de los últimos años. No se posee información acerca de la magnitud de esa reducción y ni del área que estaría afectada.

- **Abonos verdes:**

En la utilización de leguminosas como abono verde, hay en la literatura internacional mediciones en alrededor de 50 kg de N /ha/ año. En la argentina se está comenzando en algunas zonas a utilizar vicia u otras leguminosas como abonos verdes pero no está claramente determinado el aporte de N de las mismas al sistema.

En este sentido las líneas de estudio y tecnologías a desarrollar podrían ser:

- a) Eficiencia y calidad de inoculantes
- b) Aporte de las distintas leguminosas y tipo de aporte
- c) Aporte de los abonos verdes
- d) Especies para zonas semiáridas
- e) Practicas que afectan la FBN

## **b. Pasturas subtropicales**

En el caso de las pasturas subtropicales el área sobre la cual habría que generar trabajos de investigación es mucho mayor y los temas también son más relevantes.

El área potencialmente "pasturable" en la zona donde se adaptarían las pasturas megatérmicas o subtropicales es mayor a los 50 millones de has. Esto hace que cualquier incorporación de N en esa aérea tenga un efecto multiplicador. La *Figura 5.28* presentada anteriormente, muestra el crecimiento del a ganadería en las regiones NEA y NOA, lo cual dará lugar al uso de gramíneas megatermicas demandantes en N.

Una de las especies más atractivas para investigar es la *Leucaena leucocephala* que está difundida en Paraguay y en la Argentina no es habitual su uso. Esta leguminosa necesita difundir su uso, conocer mejor las zonas donde puede adaptarse, mejorar el aprovechamiento y seleccionar cepas para su inoculación con bacterias que sean eficientes en la fijación de Nitrógeno. Otro punto a tener en cuenta en estudios relacionados a la *Leucaena* es analizar la bacteria que, introducida en los animales que la pastoreen, permite su uso en forma continua. De no usarse esta bacteria, la *Leucaena* contiene un alcaloide que se va acumulando en los rumiantes bajando la producción de carne o leche.

No son abundantes los estudios modernos sobre otras especies leguminosas que se adapten a las zonas de menos de 700 mm de lluvias anuales, y la mayor superficie de pastizales subtropicales se encuentra en zonas con menos de esas precipitaciones.

Tampoco está bien documentado el efecto de las pasturas y de las leguminosas sobre las pasturas en sistemas agrícola-ganaderos en zonas de incorporación reciente de la agricultura. Sería interesante analizar el aporte de Carbono al sistema de una pastura, y dentro de la fase ganadera, el aporte de las leguminosas a la producción, a la calidad de la producción junto con el aporte de carbono.

### **5.3. Modelos y software informático para la optimización del uso del Nitrógeno en las actividades agrícolas-ganaderas.**

#### **5.3.1. Validación y desarrollo de Sistemas soporte de decisiones para minimizar el riesgo de pérdidas de N por lixiviación y escurrimiento superficial**

Las pérdidas por lixiviación y escurrimiento constituyen vías indirectas de emisión de óxido nítrico (IPCC. 2006). Paralelamente, el incremento de N en aguas subterráneas y superficiales constituye también un perjuicio para la calidad de las fuentes de agua. De modo tal que toda tecnología y buena práctica que promueva el control y minimice estas pérdidas de N implica múltiples beneficios desde el punto de vista ambiental.

Los factores que determinan las pérdidas de N por lixiviación son están relacionados a la textura del suelos (porcentaje de arena y arcilla), la solubilidad y la cantidad de fertilizante aplicado, el nivel de precipitación y la topografía.

El uso de modelos hidrológicos permite cuantificar y simular escenarios de manejo para determinar el riesgo de pérdidas de N por lixiviación y escurrimiento.

Sería una buena práctica la validación y extensión de este tipo de modelos que funcionen como Sistemas Soporte de Decisiones para técnicos asesores y extensionistas. Un buen ejemplo de esto es el sistema [www.NAPRA](http://www.NAPRA) (National Pesticide Risk Assessment) (Lim y Engel, 2003) desarrollado en los EEUU en la Universidad de Purdue, que permite realizar este tipo de análisis mediante una herramienta web de acceso público y gratuito. El sistema [www.NAPRA](http://www.NAPRA) funciona en forma integrada con el modelo GLEAMS (Groundwater loading effects of agricultural management systems) (Leonard et al., 1987). El objetivo de este Sistema Soporte de decisiones es que los técnicos cuenten con una herramienta para comparar estrategias de aplicación (momento y dosis) a fin de minimizar las posibilidades de pérdidas de N y agroquímicos en planteos agrícolas.

Este tipo de herramientas serían de suma utilidad en nuestro país, previa validación de los modelos que sean utilizados.

#### **5.3.2. Capacitación y validación de Modelos de Crecimiento de Cultivo para la optimización del manejo de la fertilización nitrogenada**

Como se mencionó anteriormente la Aplicación Variable de N requiere el conocimiento del rinde máximo alcanzable en cada ambiente de producción. El uso de modelos matemáticos de cultivo permite determinar estos rindes máximos u objetivo de producción para establecer las dosis a aplicar en los distintos suelos o posiciones topográficas de un lote de producción, a partir del contenido inicial de N.

Los modelos matemáticos de cultivo, permiten de alguna manera estimar la brecha productiva para distintos suelos de un mismo lote con distintos niveles de N, y su grado de probabilidad (o frecuencia relativa), teniendo en cuenta la variación entre años causada por las variaciones históricas de precipitación y temperaturas. Esto permite cuantificar diferencias entre tipos de suelo de un mismo establecimiento, o entre distintas zonas de producción dentro del país.

Los modelos de Cultivo contenidos en el sistema DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) han sido validados en Argentina en diferentes zonas para los cultivos de Trigo, Soja, Maíz y Girasol. Estos modelos calculan el N absorbido durante el ciclo del cultivo y permiten calcular el N no utilizado por el cultivo o residual, el cual queda disponible para procesos de volatilización o lixiviación o para ser utilizado por el cultivo siguiente.

Una necesidad de interés podría ser la incorporación la emisión de óxido nítrico como subrutina del modelo con el fin de poder analizar esta variable como una salida del modelo.

La capacitación para la extensión del uso de estas herramientas por parte de los técnicos, como así también el desafío en la validación e inclusión de nuevas rutinas por parte de los investigadores, son tareas que vale la pena impulsar para conferir mayor capacitación al personal técnico y mayor conocimiento de los agro ecosistemas.

### **5.3.3. Capacitación en el uso de Sistemas de Información georreferenciada para el manejo por ambientes o sitio específico**

El desarrollo de tecnologías que usen información georreferenciada, tales como el análisis de mapas de rendimiento, mapeo de limitantes (profundidad de tosca), o la aplicación variable de fertilizantes y semilla requiere una mayor capacitación por parte del personal que trabaja en agricultura.

Los ingenieros agrónomos que cada vez reciben más información georreferenciada relevada por terceros tales desde mapas de rendimiento que le entrega un contratista, hasta un mapa de profundidad de tosca o de pendientes relevado por un agrimensor o simplemente el análisis de imágenes satelitales de acceso público de fechas actuales o históricas para el análisis de riesgo de anegamiento o estimación de biomasa mediante el cálculo del Índice Verde Normalizado.

En este sentido los técnicos no encuentran instancias de capacitación para el uso de Sistemas de información geográficos que le permitan la manipulación de capas de información georreferenciada como las mencionadas.

Los sistemas de información geográfica (SIG o GIS en inglés) permiten determinar, mediante el mapeo de limitantes, sectores de mayor y menor potencial de rendimiento. Esto a su vez provee información que permite ajustar las dosis de N aplicado con el objetivo de no dejar en el suelo N residual del fertilizante disponible para pérdidas de por lixiviación.

Esta capacitación en este tipo de tecnologías alcanza a técnicos, mando medios y operarios de maquinaria agrícola. Por ejemplo, los conductores de cosechadores al mismo tiempo que cosechan están relevando datos georreferenciados de rendimiento, mediante un monitor de rinde con GPS. Los tractoristas que aplican fertilizante o semilla en forma georreferenciada, de

acuerdo a un mapa previamente definido por un ingeniero agrónomo, también deben estar familiarizados con los conceptos básicos de esta tecnología.

Estas herramientas, en conjunto con modelos de crecimiento de cultivo e información proveniente de experimentación local, permiten un uso del N más eficiente, tal como se mencionó anteriormente en el punto referido a la Fertilización Variable.

#### **5.3.4. Sistemas de soporte de decisión para la actividad ganadera.**

En Argentina no se dispone de sistemas de soporte de decisión que faciliten la reducción de las pérdidas de N. En los últimos años se comenzó el desarrollo de una serie de modelos de simulación que están relacionados al impacto de estrategias de manejo sobre el comportamiento sistémico de los planteos ganaderos (Feldkamp, 2004; Romera et al. 2004; Machado y Berger, 2012). Estos modelos son mecanicistas por lo que permitirían la incorporación de un submodelo de estimación de emisión de GEIs en general y óxido nitroso en particular. Adicionalmente, en la actualidad pueden ser utilizados para aprender sobre el impacto de diversas prácticas tecnológicas en la producción animal en el nivel predial.

## 6. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

La metodología para la evaluación del potencial de mitigación se basó en definir en primera instancia una línea de base, acorde a las metas para el 2020 del Plan Estratégico Agroalimentario (PEA<sup>2</sup>), del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

De la misma forma que se realizó la estimación de las emisiones históricas, se trabajó por sistema productivo y utilizando la metodología IPCC 2006.

### 6.1. Sistemas Productivos Agrícolas

La metodología utilizada para la estimación de uso de fertilizantes utilizada considera el requerimiento de nutrientes y una tasa de reposición de dichos nutrientes para cada cultivo. Adicionalmente al Nitrógeno, también se ha estimado el Fósforo (P) a reponer, con el objetivo de poder dividir los aportes de N entre Urea y otras fuentes fosforadas.

Para simplificar el análisis el aporte de P se realiza con Fosfato Diamónico (18% de N) para todos los cultivos, excepto para Soja en donde la reposición se asume es realizada con Superfosfato Simple, es decir sin fuente de Nitrógeno asociada. Esta metodología ha sido extraída de la publicación "Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios en Cereales, oleaginosos y cultivos industriales" (Ciampitti y García, 2007).

En la *Tabla 5.20*. se pueden observar los valores utilizados para las estimaciones de fertilización de cada uno de los cultivos.

**Tabla 5.20. Extracción N y P para los cultivos analizados.**

Cultivo	Requerimiento (%N) (Extraído x Grano)	% de Reposición (Criterio)	% Reposición N	Requerimiento (% P) (Extraído x Grano)	% de Reposición (Criterio)	% Reposición P
GIRASOL	2,4%	32,00%	0,77%	0,70%	100%	0,70%
MAIZ	1,50%	100,00%	1,50%	0,30%	100%	0,30%
SOJA	5,50%	0,00%	0,00%	0,60%	100%	0,60%
TRIGO	2,10%	100,00%	2,10%	0,40%	100%	0,40%

**Fuente: Elaboración Propia en base a Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios - i. Cereales, oleaginosos e industriales. (Ciampitti y Garcia. 2007)**



Es importante destacar que en la actualidad los planteos de fertilización no alcanzan a una reposición total de los nutrientes. Comparando los modelos CREA realizados por el equipo de Enfoques Económicos de I&D, con el modelo de extracción de nutrientes, se obtiene la *Tabla 5.21*. La Tabla indica que la máxima reposición de nutrientes se realiza en los cultivos de maíz y trigo, con 80 a 85% en maíz y más del 100% en trigo tanto para nitrógeno (N) como en fósforo (P).

**Tabla 5.21. Comparativa de Modelos CREA vs Modelo de Extracción.**

Enfoques Económicos			CREA vs Extracción	
Cultivo	Modelos	Rendimiento	Nitrógeno	Fósforo
		Kgs/ha	%	%
Soja	17	2.665	0%	17%
Maíz	17	6.729	85%	80%
Trigo	17	2.812	112%	132%
Girasol	14	1.836	32%	95%

**Fuente: Elaboración Propia.**

#### **6.1.1. Definición de la “Línea de Base”**

Para construir la Línea de Base se tomaron los volúmenes estimados como metas en el Plan Estratégico Agroalimentario (PEA<sup>2</sup>), el cual asume un crecimiento en los volúmenes para los cultivos analizados entre el 3% y el 8% anual.

Por otra parte se asumió un crecimiento en los rindes del 2% anual por mejoras genéticas y de manejo, sobre el promedio de las campañas 2006/07 a 2010/11, ya que los rindes de la última temporada han sido excepcionalmente altos (especialmente para Girasol y Trigo), y se optó por establecer una situación conservadora.

Para las estimaciones de fertilizantes, se consideró una reposición del 100% según demanda de nutrientes por modelo de extracción (Ciampitti y García, 2007).

De esta forma con las metas del PEA<sup>2</sup> y los rindes estimados, se obtuvo el área necesaria para cumplir los objetivos de producción.

En la siguiente tabla, se resumen los valores de la campaña 2010/11 y de los estimados para la 2020/21 utilizados en la línea de base:

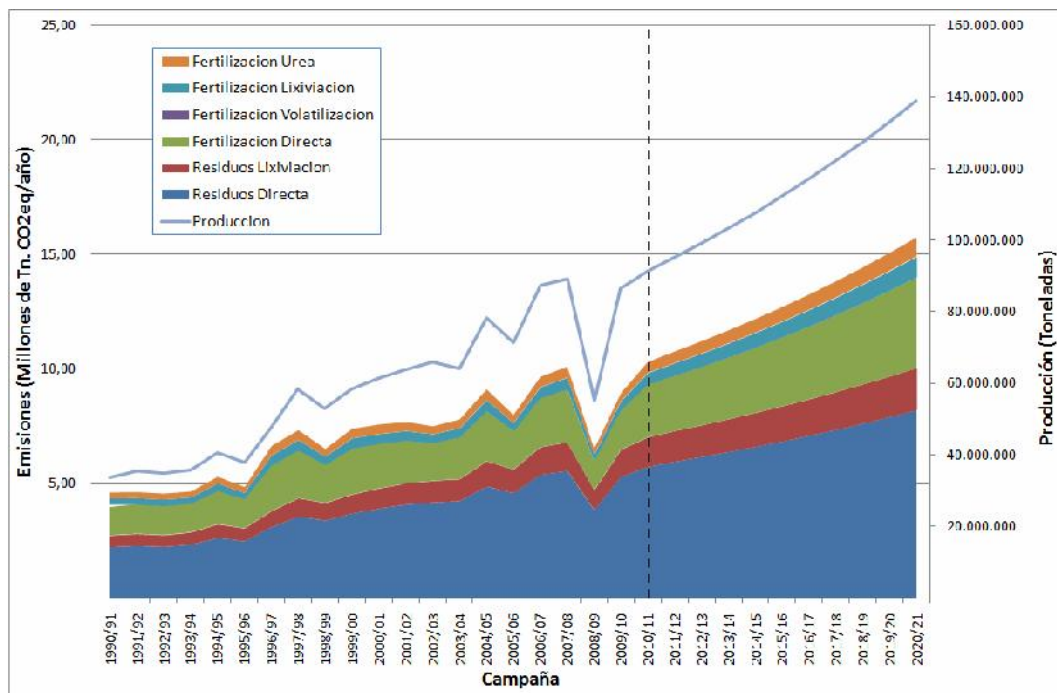
Tabla 5.22. Línea de Base Estimada al 2020

Cultivo	Campaña 2010/11			Estimado 2020/21 (Línea de Base)		
	Toneladas	Tn/ha	Hectáreas	Toneladas	Tn/ha	Hectáreas
Girasol	3.669.165	2,11	1.741.480	7.700.000	2,01	3.823.461
Maíz	23.004.800	6,14	3.747.521	42.100.000	8,20	5.132.516
Soja	48.885.703	2,61	18.749.612	63.800.000	3,21	19.894.704
Trigo	15.770.847	3,49	4.523.495	25.500.000	3,33	7.653.583
<b>Total</b>	<b>91.330.515</b>		<b>28.762.108</b>	<b>139.100.000</b>		<b>36.504.264</b>

Fuente: Elaboración propia en base al PEA<sup>2</sup> - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

Utilizando los valores y las tasas interanuales detalladas anteriormente, se estimaron las emisiones de N<sub>2</sub>O para los cuatro cultivos hasta la campaña 2020/21. En el siguiente gráfico (Figura 5.33) se pueden observar las evoluciones de las distintas sub-categorías correspondientes:

Figura 5.33. Emisiones Línea de Base Producción Girasol-Maíz-Soja y Trigo (2012-2021)



Fuente: Elaboración Propia

Se estima que las emisiones se incrementarían un 53% respecto al 2010/11, alcanzando un nivel de 16,13 millones de Toneladas de CO<sub>2</sub>eq. La producción se incrementaría un 52% y junto con un aumento de la Superficie del 27%. Se puede apreciar también como aumenta la proporción de las sub-categorías correspondientes a los distintos fertilizantes, y en particular debidas al uso de Urea. Se estima que la tasa de crecimiento para los fertilizantes Nitrogenados será del 6% anual.

La sub-categoría “Residuos de Cosecha” sigue siendo la más relevante con un 62% del total (incluido el concepto de lixiviación).

Es importante destacar que el aumento en la producción requerirá 7,74 millones de hectáreas adicionales a las utilizadas en la campaña 2010/11. Si tomamos como hipótesis de mínima que las áreas ganadas corresponden a pastizales no degradados, con un clima templado cálido seco, y un suelo del tipo Arcillosos de Alta Actividad (HAC por sus siglas en inglés), se pueden estimar las emisiones al 2020, en 14,02 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, correspondiente a la pérdida de carbono orgánico, y 2,72 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, debidas a mineralización de N. A este cálculo debiera sumarse las variaciones de los otros depósitos de carbono del bioma original: Biomasa y Materia Orgánica Muerta.

### **6.1.2. Evaluación de las Emisiones de las Tecnologías Propuestas**

En el caso de los sistemas productivos se han analizado las siguientes tecnologías:

- Inhibidores de liberación de N
- Uso de Fijadores Biológicos
- Fertilización Variable y Manejo Sitio Específico

Para cada una de estas tecnologías se han estimado las emisiones hasta la campaña 2020/21. Se supone en todos los casos una adopción gradual de la tecnología del 10% de la superficie por año, es decir que al cabo de 10 campañas se asume que el ciento por ciento de los cultivos con el nivel tecnológico planteado.

#### **6.1.2.1. Inhibidores de liberación de N**

Para el análisis de las utilización de retardadores o inhibidores de la ureasa, se toma como hipótesis principal que si bien las necesidades de fertilización Nitrogenada no se modifican, se asume un “ahorro” del 10% de Urea por menor volatilización. El resto de las fuentes de N asociadas con fertilizantes con P se asumen que no tienen variación en el uso y la volatilización.

Teniendo en cuenta estas hipótesis se re-calcularon las emisiones, obteniéndose un disminución de 131.500 ton. de CO<sub>2</sub>eq para la campaña 2020/21, lo cual representa un 0,72% de las emisiones totales de la categoría en análisis.

Por otra parte el ahorro del 10% de la urea representa aproximadamente 180.000 ton al 2020/21 y una reducción de la tasa de crecimiento de uso de la Urea que pasaría de 6% a un 4% interanual.

De acuerdo a las limitaciones de la metodología IPCC 2006 no se pueden estimar otros impactos, como por ejemplo la evaluación de las emisiones Directas por uso de fertilizantes, ya que no existe bibliografía para inferir algún cambio en los factores de emisión.

### 6.1.2.2. Uso de Fijadores Biológicos para Gramíneas

En el caso de la utilización los fijadores biológicos los supuestos utilizados para la estimación de las emisiones son:

- Mejora del 7% del rinde promedio total país (para Maíz y Trigo).
- Dosis de N de reposición por hectárea iguales a la línea de base.
- Metas de Producción PEA<sup>2</sup> 2020 en toneladas.

De acuerdo a las hipótesis planteadas, se estimaron las superficies necesarias para lograr las metas obtenidas. En la siguiente *Tabla 5.23.* se resumen los valores de Rendimiento y Hectáreas estimados:

**Tabla 5.23. Estimación rendimiento y superficies - Uso de Fijadores Biológicos**

Cultivo	2020/21 - Línea de Base			2020/21 – Uso de Fijadores Biológicos		
	Toneladas	Tn/ha	Hectáreas	Toneladas	Tn/ha	Hectáreas
<b>Girasol</b>	7.700.000	2,01	3.823.461	7.700.000	2,01	3.823.461
<b>Maíz</b>	42.100.000	8,20	5.132.516	42.100.000	8,78	4.796.744
<b>Soja</b>	63.800.000	3,21	19.894.704	63.800.000	3,21	19.894.704
<b>Trigo</b>	25.500.000	3,31	7.699.340	25.500.000	3,54	7.195.645
<b>Total</b>	<b>139.100.000</b>		<b>36.550.022</b>	<b>139.100.000</b>		<b>35.710.544</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

La disminución de las emisiones para la campaña 2020/21 asciende a 440.000 ton de CO<sub>2</sub>eq., lo cual representa una reducción del 2,8% sobre el total de la categoría.

Respecto a los requerimientos de Urea baja en un 10% aproximadamente, lo cual representa 110.000 ton para la Campaña 2020/21.

Adicionalmente como co-beneficios de la incorporación de la tecnología se reduce el área necesaria para la meta de producción en aproximadamente 840.000 has lo que representa un 2,4 % del total para la misma campaña. A su vez la reducción de área necesaria implica un ahorro de combustible de aproximadamente 25 millones de litros de Gas-Oíl<sup>135</sup>. lo cual equivale a una reducción de emisiones<sup>136</sup> por combustión del orden de las 67.000 toneladas de CO<sub>2</sub>eq.

Considerando el cambio de uso del suelo, esta disminución de superficie, representa un valor anual de 1,68 millones de ton. de CO<sub>2</sub>eq, por variación de carbono en suelos, mas 0,33 millones de ton. por mineralización del N.

<sup>135</sup> Calculado sobre la base de 30 Litros de Gas-Oíl por hectárea en Siembra Directa.

<sup>136</sup> Factor de emisión: 2,66 KgsCO<sub>2</sub>/Litro. Fuente: Segunda Comunicación Nacional

### 6.1.2.3. Fertilización Variable y Manejo Sitio Específico

Respecto a esta tecnología, al momento de la realización del presente informe, no se cuenta con suficiente información para poder evaluar las emisiones asociadas.

Si se consolidan las tecnologías evaluadas, la reducción de emisiones respecto la línea de base asciende a 510.000 ton. de CO<sub>2</sub> eq., representando un 3,3% de las emisiones evaluadas. A esto se suman las 67.000 ton. de CO<sub>2</sub> asociadas a la reducción de emisiones por ahorro de combustibles, y una disminución del área necesaria de 840.000 has.

Respecto a la distribución de las mejoras de emisiones por cultivo, las mejoras tecnológicas son capitalizadas por el Maíz y el Trigo, mientras que el Girasol y la Soja no tienen modificaciones sobre la línea de base planteada. En la siguiente tabla (Tabla 5.24.) se pueden observar los impactos en emisiones totales, y por tonelada producida para cada uno de los cultivos analizados.

Tabla 5.24. Impactos en emisiones por cultivos

Cultivo	Toneladas	2020/21 - Línea de Base		2020/21 – Consolidado Tecnologías	
		Emisiones Totales (Mill. TonCO <sub>2</sub> eq.)	Emisiones (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn)	Emisiones Totales (Mill. TonCO <sub>2</sub> eq.)	Emisiones (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn)
Girasol	7.700.000	0,77	100,12	0,77	100,12
Maíz	42.100.000	5,13	121,86	4,88	115,85
Soja	63.800.000	5,12	80,25	5,12	80,25
Trigo	25.500.000	5,11	200,28	4,85	190,19
<b>Total</b>	<b>139.100.000</b>	<b>16,13</b>		<b>15,62</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Para los cultivos de Maíz y Trigo con la implementación de todas las tecnologías analizadas se observa una reducción del 5% en emisiones totales y por tonelada producida. En tanto que para Girasol y Soja, no hay impacto en las emisiones asociadas.

## 6.2. Sistemas Productivos Ganaderos

Para la evaluación de los sistemas productivos ganaderos se ha considerado una estimación de stocks al 2020 por categorías, para lo cual se han utilizado los mismos modelos que para el cálculo de las emisiones históricas (2003-2011). De la misma forma se han estimado los volúmenes de faena y las emisiones totales del sistema (Cría + Engorde).

Finalmente la evaluación de las mejoras propuestas se realizó por Tonelada de Carne faenada medida en "Res equivalente de Carne con Hueso", ya que en el caso de los sistemas ganaderos lo que se propone conceptualmente es una mejora de la productividad, lo cual redundará en un aumento de la producción neta con la misma cantidad de vientres.

### 6.2.1. Definición de la “Línea de Base”

Para la definición de la línea de base, se ha considerado un aumento del stock ganadero de acuerdo al PEA 2020, que prevé un total de 54 millones de cabezas. Para ello se han definido a partir de los stocks por categoría al 2011, manejar los mismos parámetros productivos históricos pero modificando los porcentaje de reposición y faena, de tal forma de llegar a los volúmenes previstos.

Respecto a la localización de la ganadería, se ha supuesto que los porcentajes de stocks por regiones quedan iguales a los del año 2011, ya que si bien se observó que se ha relocalizado parte de la ganadería, no se consideró relevante para el presente estudio.

En la *Tabla 5.25*, se pueden observar los valores de stock y porcentajes considerados para la construcción de una línea de base.

**Tabla 5.25. Evolución de Stocks por categoría 2012-2020 para la Línea de Base**

Categoría	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Vaca	20.809.585	21.227.873	21.864.709	22.520.650	22.745.857	22.973.315	23.203.049	23.435.079	23.669.430
Vaquillona	7.154.686	6.338.239	6.083.649	5.904.644	6.021.525	6.241.021	6.522.410	6.701.504	6.831.475
Ternera	5.612.059	6.038.341	6.190.102	6.377.275	6.568.520	6.765.579	6.826.666	6.895.261	6.964.197
Toro	1.057.657	1.273.672	1.311.883	1.351.239	1.364.751	1.378.399	1.392.183	1.406.105	1.420.166
Novillo/Novillita	6.580.213	7.147.931	7.890.307	8.255.435	8.157.375	8.321.265	8.556.431	8.673.415	8.768.333
Ternero	5.601.414	6.038.873	6.190.076	6.377.276	6.568.520	6.765.579	6.826.666	6.895.261	6.964.197
<b>Total</b>	<b>46.615.614</b>	<b>48.064.928</b>	<b>49.530.726</b>	<b>50.786.520</b>	<b>51.426.547</b>	<b>52.445.159</b>	<b>53.327.405</b>	<b>54.006.625</b>	<b>54.617.799</b>
%Repo	18%	18%	18%	16%	16%	16%	13%	16%	16%
%Destete	63%	63%	63%	63%	63%	63%	63%	63%	63%
Faena Vacas	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Faena Vaquillonas	33%	34%	35%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
Faena Toros	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
%Toro/Vaca	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Faena Nov+Novillo	65%	65%	65%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
<b>Faena (TnEqRCH)</b>	<b>1.959.623</b>	<b>2.034.055</b>	<b>2.159.700</b>	<b>2.372.132</b>	<b>2.370.205</b>	<b>2.419.037</b>	<b>2.484.182</b>	<b>2.522.458</b>	<b>2.553.593</b>

**Fuente: Elaboración Propia.**

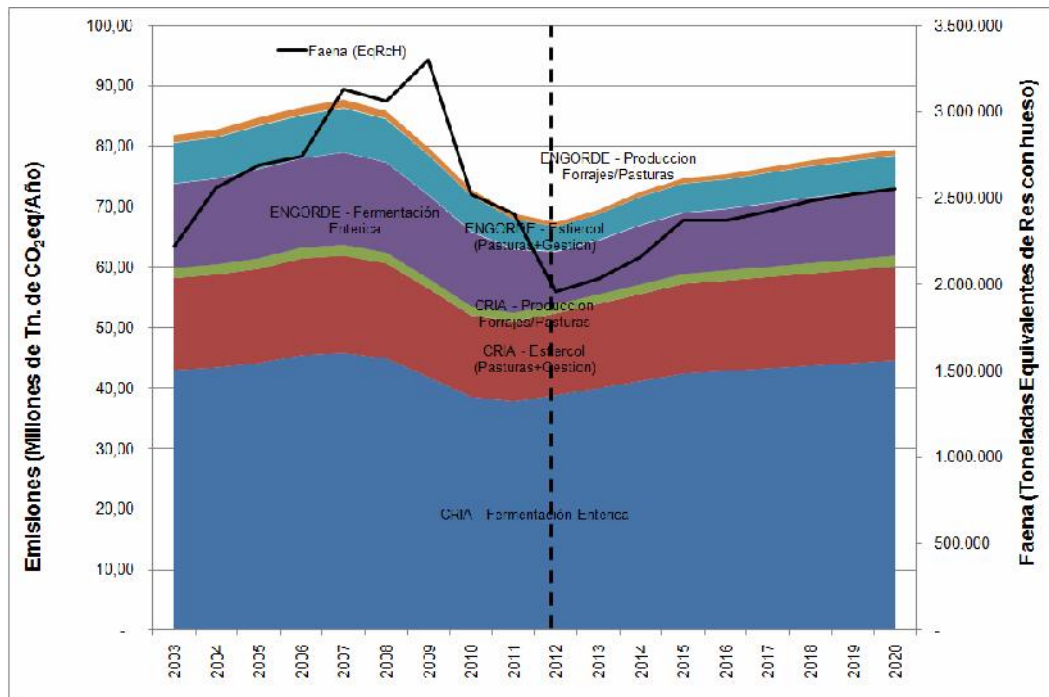
De acuerdo a los parámetros indicados anteriormente se han estimado las emisiones asociadas al sistema productivo. En la *Figura 5.34* se puede observar su evolución hasta el año 2020, incluyendo la faena estimada.

Como se observa, en los próximos años, se prevé un aumento de emisiones netas esto, tiene como fundamental explicación que se debe recuperar el stock de Vacas para poder estabilizar el sistema al 2020, con 54 millones de cabezas, con los parámetros reproductivos actuales.

Se espera entonces un nivel de emisiones para el 2020, de 79,40 millones de ton. de CO<sub>2</sub>eq., lo cual estaría en el orden del nivel de emisiones estimado para el 2003 (81,8 millones de toneladas CO<sub>2</sub>eq.), es decir que no se espera que la categoría aumente su participación.

Se mantiene la fuerte participación de los conceptos asociados a la Fermentación Entérica y N<sub>2</sub>O por estiércol.

**Figura 5.34. Evolución de las emisiones y Faena 2012-2020 para la Línea de Base**



Fuente: Elaboración Propia.

### 6.2.2. Evaluación de las Emisiones de las Tecnologías Propuestas

Para la determinación del impacto de las mejoras propuestas, en primera instancia se determinó la evolución de los stocks, pero mejorando los índices reproductivos, y aumentando la participación en el engorde de la Invernada Mejorada. De esta forma, se estimó un porcentaje de destete para el 2020, del 70% en contra un 63% del escenario de base, y además la posibilidad de aumentar la faena a valores del orden del 80% (vs. 70%), pero con sistemas de invernada mejorada que posibilitan un engorde a pesos del orden de los 400 kilos en un periodo de 300 días. De esta forma con el mismo stock de Vacas se posibilita un mayor volumen de faena.

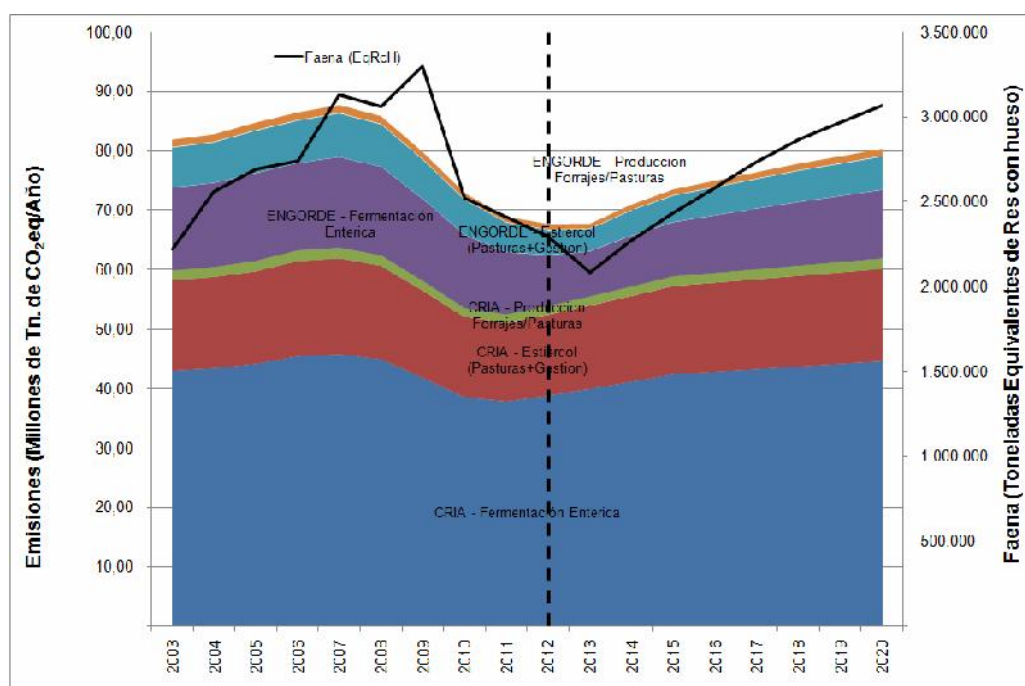
En la *Tabla 5.26* se puede observar la evolución considerada, la cual alcanza un valor de stock de 56 millones de cabezas al 2020. Nuevamente tomando en cuenta los parámetros considerados se realizó la estimación de las emisiones para el sistema ganadero, en la *Figura 5.35* se puede observar dicha evolución.

**Tabla 5.26. Evolución de Stocks por categoría 2012-2020 para el Escenario Mejorado**

Categoría	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Vaca	20.609.585	21.227.873	21.864.709	22.520.650	22.745.357	22.973.315	23.203.049	23.435.079	23.669.430
Vaquillona	7.154.586	6.338.239	6.083.549	5.994.811	6.252.352	6.520.842	6.795.594	7.058.537	7.324.524
Ternera	5.612.050	6.038.341	6.280.260	6.558.510	6.846.432	7.145.795	7.305.221	7.474.383	7.645.335
Toro	1.057.657	1.273.672	1.311.883	1.351.239	1.364.751	1.378.399	1.392.183	1.406.105	1.420.166
Novillo/Novillito	6.580.213	5.831.888	6.620.711	6.971.616	7.320.494	7.657.908	8.005.017	8.213.615	8.411.143
Ternero	5.601.414	6.038.873	6.280.243	6.558.512	6.846.432	7.145.795	7.305.221	7.474.383	7.645.835
<b>Total</b>	<b>46.615.514</b>	<b>46.748.885</b>	<b>48.441.464</b>	<b>49.955.339</b>	<b>51.376.319</b>	<b>52.822.054</b>	<b>54.006.384</b>	<b>55.062.101</b>	<b>56.117.032</b>
%Repo	18%	18%	18%	16%	16%	16%	16%	16%	16%
% Destete	63%	64%	65%	66%	67%	67%	68%	69%	70%
Faena Vacas	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Faena Vaquillonas	33%	34%	35%	40%	42%	44%	44%	44%	44%
Faena Toros	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
%Toro/Vaca	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%
Faena Nov+Novillo	85%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
<b>Faena (TnEqRch)</b>	<b>2.296.509</b>	<b>2.082.958</b>	<b>2.273.928</b>	<b>2.436.389</b>	<b>2.582.707</b>	<b>2.732.321</b>	<b>2.863.944</b>	<b>2.967.261</b>	<b>3.070.125</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 5.35. Evolución de las emisiones y Faena 2012-2020 para el Escenario Mejorado**



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar, que el nivel de emisiones sigue dependiendo de los conceptos de fermentación entérica y N<sub>2</sub>O debidos al estiércol, y que el nivel de suplementación propuesto, no está aumentando sustancialmente las emisiones de la producción de concentrados. Cabe destacar que el nivel de suplementación propuesto para la invernada mejorada es del orden del 40% de la materia seca aportada.

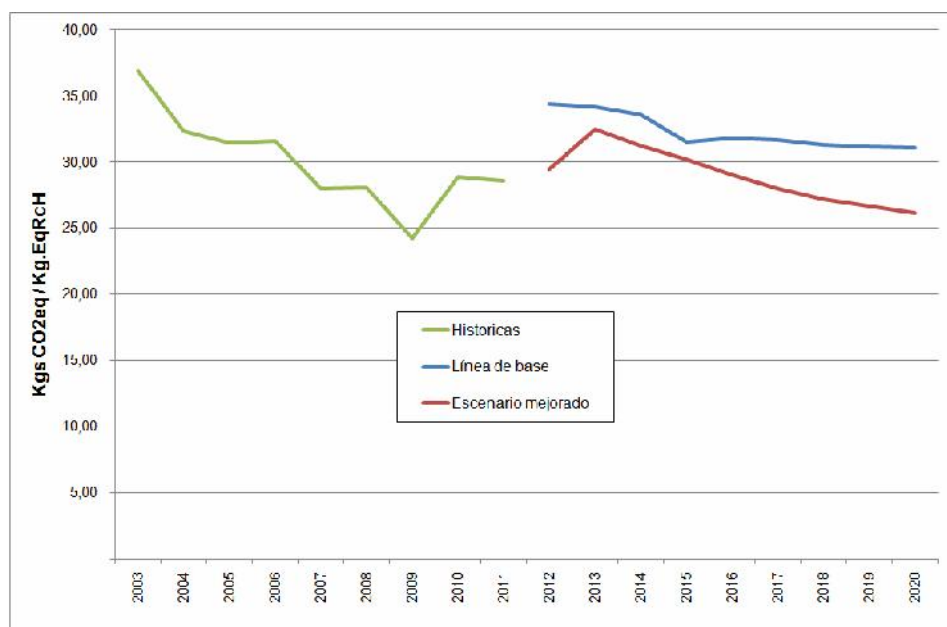


Respecto al nivel de emisiones totales, el mismo alcanzaría para el 2020 las 80,3 millones de ton. de CO<sub>2</sub>eq., lo cual representaría un aumento de 0,9 millones de Ton. de CO<sub>2</sub>eq., respecto a la línea de base, es decir un 1%. Aún con este aumento, las emisiones siguen el orden de magnitud del año 2003.

Cuando se analiza la faena estimada, puede verse que con el mismo stock de Vacas, se aumenta el nivel a 3,07 millones de ton. de Res equivalente con hueso, lo cual representa un aumento del 20% respecto a la línea de base.

Entonces si analizamos los valores de emisiones por tonelada de carne producida por los se produce una baja en el indicador. En la *Figura 5.36.* se puede observar la evolución estimada para la línea de base y el escenario mejorado al 2020.

**Figura 5.36. Evolución de las emisiones por Kg. equivalente de Res con Hueso faenado 2003-2020**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Se puede observar en el gráfico que las emisiones por unidad de producto (Kg de CO<sub>2</sub>eq. /Kg eq. Res con Hueso) bajan en el orden del 16%. Para una mejor comprensión del gráfico es importante aclarar que las menores emisiones históricas en los años 2008/2009 se deben a una faena de vientres mayor a lo normal. Esto se ha debido a varios factores, entre ellos la sequía, lo cual originó una disminución del stock total de vientres. En un escenario de reconstitución del stock sería esperable un aumento de las emisiones totales asociadas al mantenimiento de un nivel de faena sostenible, tanto para la línea de base como para el escenario mejorado.



### 7.1. Agricultura

El mercado potencial de algunas de las tecnologías analizadas puede ser fácilmente estimado en función de su adopción total potencial en un futuro. No obstante algunas tecnologías como la incorporación del fertilizante y la aplicación dividida son tecnologías de procesos de costo relativamente “cero”.

- **Fuentes menos volátiles de N. Sulfato de Amonio.**

En el caso del uso de fuentes alternativas de fertilizantes menos volátiles, el sulfato de amonio podría presentar un mercado potencial relevante. Esta fuente podría competir con la urea en aplicaciones al voleo realizadas en primavera y verano, donde la probabilidad de sufrir pérdidas por volatilización es elevada. Si se intenta valorizar su adopción en términos económicos, podría tener un valor ligeramente superior al de la urea, por tratarse de una sustitución de una fuente de N por otra, aunque con una eficiencia esperada superior por menores pérdidas. No obstante, cada tonelada de urea sustituida por sulfato de amonio generaría una logística de fletes 2,3 veces mayor a la urea, debido a la menor concentración (grado 20%) de N del sulfato de amonio.

- **Inhibidores de la Fertilización:**

El costo del inhibidor NBPT es aproximadamente de 36 u\$s por tonelada de urea tratada. El tratamiento requiere 3 lts/tonelada a un valor promedio de 12 u\$s/litro. Esto representaría un incremento en el costo por hectárea de entre 3.6 y 7.2 u\$s/ha, para dosis de 100 o 200 kg/urea/ha, lo cual es accesible para un productor, si se considera que se evitan pérdidas que pueden llegar al 40% por volatilización.

Aunque el volumen adoptado por la mayoría de los productores no es importante, el efecto de esta tecnología puede ser promisorio en la disminución de pérdidas por volatilización como amoníaco y en el incremento de rendimientos ante iguales cantidades de urea aplicada.

A modo de ejemplo, el consumo de urea en Argentina en el año 2010 fue aproximadamente de 1.200.000 tons. Si el total de la urea fuese tratada se generaría un mercado de 43,2 millones de u\$s. Incrementos futuros de producción darán lugar a un incremento en el consumo de urea a nivel nacional.

Sin embargo, vale recordar que el 100% del NBPT utilizado en el país es importado y no sería impensable la fabricación del mismo en el país, considerando su mercado potencial. Esto último podría, posiblemente, dar lugar a un costo menor para el productor al ser producido en el país.

- **Fijadores no simbióticos y promotores de crecimiento en Trigo y Maíz:**

Una manera muy simplificada de valorizar el mercado potencial de los promotores de crecimiento y fijadores libres en trigo y maíz, es tomar el área objetivo al 2020 con ambos cultivos y aplicar esta tecnología al total de la superficie. El valor del producto a ser utilizado ronda los 6 u\$s/ha. Si se considera la estimación de área para el 2020, unas 5,1 millones de hectáreas se destinarían a Maíz y 7.7 millones de hectáreas estarían sembradas con trigo. Esto resultaría, a nivel nacional, en un mercado anual de 76 millones de u\$s.

- **Fijadores simbióticos en Leguminosas megatérmicas:**

El potencial de esta tecnología también es relevante y su horizonte temporal de disponibilidad puede ser relativamente corto. Sin embargo, los tiempos de adopción serán el factor limitante ya que será necesario concientizar al sector productivo del norte del país, acerca de la importancia de mejorar los pastizales con praderas implantadas y el beneficio de consociarlas con leguminosas megatérmicas fijadoras de N. Sobre una existencia de 12 millones de cabezas en la región NEA y 4,7 millones en la región NOA, existe una superficie actual que podría recibir este tipo de tecnología, con un mercado muy relevante.

Sin embargo, el financiamiento con líneas de crédito de largo plazo y apoyo técnico de INTA y experiencia de asociaciones de productores como AACREA y AAPRESID, serán vitales para la expansión y adopción de estas prácticas en el Norte del país.

- **Fertilización Variable:**

Esta tecnología es de proceso, pero es más compleja que las mencionadas de incorporación y aplicación dividida del fertilizante. Esta tecnología tiene un mercado potencial en el rubro de maquinaria agrícola, con equipos de mapeo de rendimiento en cosechadoras, y equipos de fertilización variable.

El mapeo de suelos y de factores limitantes puede ser un mercado potencial para técnicos que presten el servicio. Actualmente hay agrimensores e ingenieros agrónomos que están comenzando a ofrecer este tipo de relevamientos.

Un tipo de mapeo muy difundido es el altimétrico de alta resolución el cual es de gran utilidad para diferenciar ambientes de bajo, media loma y loma en todo tipo de topografía con mucha precisión. Un mapeo altimétrico con GPS geodésico oscila entre los 2,5 y 3 u\$s por hectárea y podría extenderse a gran parte del área agrícola del territorio nacional.

Algo más costoso resulta el mapeo de profundidad efectiva de suelo presencia de tosca (carbonato de calcio) o roca, oscila en los 8 u\$s/ha. Este mapeo es una valiosa herramienta para planificar la agricultura de un establecimiento, lo cual podría ser aplicado como máximo en alrededor de 6 millones de hectáreas del sudeste y sudoeste de la provincia de Buenos Aires, según el atlas de suelos escala 1:500.000 de INTA. No obstante el resto de las regiones requieren mapear ambientes determinados por posiciones topográficas u otras limitantes como alcalinidad subsuperficial.

Esto daría lugar a mapeos muy detallados con costos intermedios según región y tipo de limitante, de modo tal que el mapeo altimétrico o de limitantes específicas podría en un futuro

abarcar aplicaciones en toda la superficie agrícola del país (cerca de 30 millones de hectáreas). Por este motivo, esta nueva tecnología justifica la capacitación y equipo necesario para prestar el servicio por parte de técnicos y de los productores y asesores técnicos. Es fundamental la capacitación en este sentido para conocer los alcances de esta tecnología, que puede contribuir a una agricultura más eficiente y competitiva.

El mercado potencial es real, ya que es accesible para el productor. Su limitante es el conocimiento técnico, en parte aún en desarrollo, para utilizar esta información de alta resolución espacial.

## **7.2. Ganadería**

Del análisis ganadero realizado se pueden estimar los beneficios económicos de la adopción de tecnologías de proceso en cría y de incremento en el peso medio de faena. Una primera estimación estaría relacionada con el incremento en la producción de carne a nivel nacional, y su concomitante reducción en las emisiones por unidad de producto.

Una estimación al año 2020 por adopción de un mayor nivel tecnológico podría significar un incremento del 20% en la producción de carne, equivalente a aproximadamente a 2.000 millones de u\$s anuales, considerando los precios actuales. Este incremento no incluye los beneficios adicionales, o efecto multiplicador, que se generan en el resto de la cadena de producto.

### 8.1. Metodología

Las tecnologías analizadas se transcribieron a una matriz donde se las calificó en función de varios criterios, con el fin de priorizar las de mayor impacto y menor costo de implementación. Se separaron en dos tablas: Agricultura (*Tabla 5.27*) y Ganadería (*Tabla 5.28*).

Se establecieron seis (6) criterios para calificar a cada tecnología propuesta en el área de agricultura. Los mismos fueron:

1. Mitigación en Emisiones de Óxido Nitroso. Este criterio valoriza el efecto de la tecnología sobre las emisiones de óxido nitroso exclusivamente.
2. Mitigación de Emisiones Totales de GEI. Este criterio valoriza el efecto de la tecnología sobre las emisiones totales de gases de efecto invernadero.
3. Importancia en desarrollo social, económico y ambiental del país. Este criterio valoriza el impacto benéfico que la adopción de la tecnología tendría, más allá de su efecto mitigador en las emisiones de GEIs, sobre el desarrollo económico y social y también ambiental. Este último aspecto "ambiental" se considera en un plano distinto a las emisiones, como por ejemplo sobre la sustentabilidad del recurso suelo.
4. Horizonte temporal de disponibilidad de la tecnología Este criterio intenta calificar si la tecnología está disponible actualmente (puntaje mayor) o si está muy lejos de estarlo (puntaje menor)
5. Escala de inversión requerida Este criterio intenta calificar el costo de la Adopción de la tecnología. A menor costo se asigna mayor puntaje y viceversa.
6. Necesidad de transferencia tecnológica, desarrollo de mercados, nuevo diseño institucional, desarrollo capacidades humanas Este criterio es algo amplio, e implica el grado de labor institucional requerida, tanto en términos de formación de capacidades, como también planificar la "Extensión rural" para realizar la difusión de la tecnología, a fin de difundir sus beneficios y la forma de aplicación de estas tecnologías. Esto también implica el esfuerzo que debe hacerse en términos de desarrollar un mercado nuevo cuando la tecnología es muy nueva o muy poco difundida.

De acuerdo al puntaje recibido en cada tecnología en Agricultura, la "investigación para determinar factores de emisión locales" y el estímulo a "incorporar gramíneas a la rotación de cultivos" fueron las de mayor impacto o menor costo-beneficio, y recibieron el mayor puntaje.

En cuanto al uso de "fuentes menos volátiles" recibió el menor puntaje, fundamentalmente por su dificultad a la hora de ser incorporada (ver barreras de mercado, sección II) y su relativo bajo impacto ya que influye sobre la volatilización del amonio, del cual solo una fracción es emitida como óxido nitroso.

En las tecnologías de aplicación, la tecnología de dosis dividida y la incorporación del fertilizante al suelo, tuvieron una prevalencia sobre la aplicación variable, debido a la mayor complejidad de esta última y su impacto relativamente menor.

En relación a la incorporación de inhibidores de la volatilización el puntaje fue intermedio, pero inferior al uso de fijadores biológicos. Esto se debería a que el uso de fijadores biológicos ya está incorporados en los esquemas de producción y su extensión a otras leguminosas y o gramíneas es un esfuerzo adicional que podría lograrse. En cambio el grado de adopción de inhibidores la volatilización en urea, en el sector agrícola argentino, es todavía muy bajo y el esfuerzo para crear un nuevo mercado sería superior al crecimiento del mercado de Fijadores biológicos.

En Ganadería, la "Adopción de tecnologías de procesos en Cria" fue identificada como de mayor impacto que las tecnologías para la fase de engorde. Esto si bien es algo más complejo de concretar, es el camino de mayor impacto para el sector ganadero en los aspectos evaluados. Vale aclarar que en la matriz multicriterio referida a ganadería, no se enumeran las tecnologías referidas a Cria, ya que las mismas constituyen paquetes que deben implementarse casi totalmente y su implementación aislada no tendría el resultado esperado. Incluso la aplicación de las mismas varían de zona en zona de acuerdo a las limitaciones locales. Por ejemplo, valorizar el destete precoz en forma aislada, sin estacionar el servicio, es difícil de implementar y ambas tecnologías (de procesos) deben aplicarse en forma conjunta, junto con tecnologías sanitarias y selección genética.

**Tabla 5.27. Análisis Multicriterio para la Priorización de Tecnologías Agrícolas**

Tecnologías para Agricultura	Mitigación en Emisiones de Óxido Nitroso		Mitigación de Emisiones Totales de GEI		Importancia en desarrollo social, económico y ambiental del país		Horizonte temporal de disponibilidad de la tecnología		Escala de inversión requerida		Necesidad de transferencia tecnológica, desarrollo de mercados, nuevo diseño institucional, desarrollo capacidades humanas		Nota Total
	1. A: Alta 2. M: Media 3. B: Baja		1. A: Alta 2. M: Media 3. B: Baja		1. A: Alta 2. M: Media 3. B: Baja		1. C: Corto plazo 2. M: Mediano Plazo 3. L: Largo Plazo		1. A: Alta 2. M: Media 3. B: Baja		1. A: Alta 2. M: Media 3. B: Baja		
	Nivel	Nota	Nivel	Nota	Nivel	Nota	Nivel	Nota	Nivel	Nota	Nivel	Nota	
Investigación para determinar Factores Emision Locales	A	3	A	3	A	3	C	3	A	1	M	2	15
Fuentes de N (menos volátiles)	B	1	M	2	M	2	L	1	B	3	A	1	10
Uso de Inhibidores de liberación de N	B	1	M	2	M	2	C	3	B	3	A	1	12
Partición de dosis de Fertilizante N	B	1	M	2	M	2	C	3	B	3	M	2	13
incorporación al suelo del Fertilizante N	B	1	M	2	M	2	C	3	B	3	M	2	13
Fertilización Variable/Manejo Sitio Especifico	M	2	M	2	M	2	M	2	M	2	A	1	11
Uso de Factores de Crecimiento y	M	2	M	2	M	2	C	3	B	3	M	2	14

Mejoradores de la Fijación Biológica de N en Leguminosas.																	
Uso de Fijadores Biológicos en Gramíneas (no simbióticos)	M	2	M	2	M	2	C	3	B	3	M	2	14				
Rotación con Gramíneas (Trigo, Maiz etc)	B	1	A	3	A	3	C	3	B	3	B	3	16				

Tabla 5.28. Análisis Multicriterio para los dos grupos de tecnologías de Procesos en Ganadería

Tecnologías	Mitigación en Emisiones de Óxido Nitroso		Mitigación de Emisiones de Óxido Nitroso por Unidad de producto		Mitigación de Emisiones Totales de GEI		Mitigación de Emisiones de GEI por Unidad de producto		Importancia en desarrollo social, económico y ambiental del país		Horizonte temporal de disponibilidad de la tecnología		Escala de inversión requerida		Necesidad de transferencia tecnológica, desarrollo de mercados, nuevo diseño institucional, desarrollo capacidades humanas		Nota Total
	1. A: Alta 2. M: Media 3. B: Baja		1. A: Alta 2. M: Media 3. B: Baja		1. A: Alta 2. M: Media 3. B: Baja		1. A: Alta 2. M: Media 3. B: Baja		1. A: Alta 2. M: Media 3. B: Baja		1. C: Corto plazo 2. M: Mediano Plazo 3. L: Largo Plazo		1. A: Alta 2. M: Media 3. B: Baja		1. A: Alta 2. M: Media 3. B: Baja		
Ganadería	Nivel	Nota	Nivel	Nota	Nivel	Nota	Nivel	Nota	Nivel	Nota	Nivel	Nota	Nivel	Nota	Nivel	Nota	
Adopción de tecnologías de proceso en cría	B	1	M	2	B	1	M	2	A	3	C	3	B	3	A	1	16
Adopción de tecnologías que permitan aumentar el peso medio de faena	B	1	M	2	B	1	M	2	A	3	C	3	M	2	A	1	15



## 8.2. Análisis de los resultados obtenidos

### 8.2.1. Agricultura

La implementación potencial de las tecnologías evaluadas en agricultura resultó en un impacto relativamente bajo, aunque no desechable, del 5%, sobre las emisiones totales proyectadas al 2020. Debe recordarse que no pudieron ser cuantificados el impacto del uso de fuentes menos volátiles ya que la metodología del IPCC 2006 no diferencia entre tipos de fertilizantes utilizados, ni respecto de la fertilización variable, por no estar claro su beneficio en términos absolutos y relativos a nivel nacional, considerando las diferencias entre las distintas regiones de producción.

No obstante, se identificaron dos aspectos que fueron de un impacto muy importante y que no están ligados a la implementación de una tecnología en particular ni a una práctica de cultivo determinada. Estos dos aspectos fueron:

- a. El grado de conocimiento de las variables que intervienen en la dinámica de las emisiones de los sistemas agrícolas.
- b. El impacto de las Rotaciones agrícolas (no fue incluido como tecnología).

a. El cambio en la metodología del IPCC dio lugar a una reducción en las emisiones del sector agrícola del 8.35%, lo cual pone de manifiesto la necesidad de continuar investigando en este aspecto. En nuestro país aún no se conocen en profundidad los factores de emisión para las distintas combinaciones de clima, suelo y tipo de cultivo, lo cual es relevante a la hora de regionalizar los cálculos de las emisiones. En este aspecto se subraya la importancia de proveer recursos para acelerar la investigación en el conocimiento de dichos factores.

Este tipo de estudio es costoso, pero se considera que existe la capacidad técnica en el país para ser llevada a cabo. No obstante, es importante aclarar que un cambio metodológico en la forma de medir las emisiones no puede constituir una forma de mitigar. Esta afirmación que puede parecer obvia, es importante remarcarla, para que no se generen confusiones, dado que lo que se expresa en este estudio es la importancia que reviste la investigación referida a los factores de emisión y el impacto que pueden tener en los inventarios por sector.

b. Respecto del impacto de las rotaciones agrícolas, al analizar el impacto de la secuencia de cultivos, las emisiones totales disminuyen en forma significativa al pasar de una matriz con predominancia de leguminosas y/o oleaginosas (soja y girasol) a una matriz más equilibrada con una participación importante de gramíneas de invierno (Trigo, Cebada, etc) y/o de verano (Maiz y Sorgo).

Tal como se mencionó en el punto 5.1.6. referido al análisis de las rotaciones del Norte de Buenos Aires, el monocultivo de soja, por efecto del aporte de residuos, emitió un 89% más que una rotación "Soja-trigo/Soja2da" y un 250% más que una rotación "Soja-Maiz-Trigo/Soja2da", expresado en emisiones por tonelada de grano total producida.

En este último aspecto, intervienen sin duda cuestiones de diseño de política agrícola que contemplen integralmente medidas impositivas e inversiones en infraestructura que posibilite un abaratamiento de los fletes y que estimulen la inclusión de gramíneas a lo largo del país.

El incremento en el área sembrada con soja en todas las regiones del país en los últimos años se debe principalmente a un desinterés creciente en cultivos como el trigo y el maíz. Esto sucede en un contexto en el cual la comercialización de ambos cultivos está sometida a reglas cambiantes, con cierres de exportaciones e incrementos periódicos en la tasa de retenciones a las exportaciones en los últimos 11 años en cultivos. Esto último si bien ha afectado al resto de los cultivos, pero no alteró significativamente su comercialización. Ambos cultivos, trigo y maíz, no sólo resultan clave para la sustentabilidad del sistema agrícola en su conjunto, sino que además requieren un grado relativamente mayor de inversión que las oleaginosas, implican un mayor riesgo climático y normalmente ofrecen una menor rentabilidad.

Una política agrícola que contemple cuestiones económicas y de tipo ambiental, tales como las emisiones de GEI y la sustentabilidad del recurso suelo, puede dar lugar a un nuevo incentivo para la inclusión de gramíneas en las zonas más alejadas de los puertos, que son las más proclives al cultivo de oleaginosas.

Esta situación puede ser fácilmente revertida con medidas impositivas, tasas menores de retención, infraestructura vial y de ferrocarriles, etc. Esto permitirá, a su vez, dar lugar a una diversificación de productos en todas las regiones de modo que el esquema socioeconómico local sea mucho menos "producto-dependiente" frente a contingencias climáticas o de demanda internacional o local.

La diversificación de productos a nivel regional tiene un efecto positivo sobre la provisión de servicios y generación de empleo locales activando toda la cadena de los distintos productos agrícolas. En este sentido, el estímulo al establecimiento de industrias procesadoras en las zonas de producción pueden generar núcleos de desarrollo local disminuyendo la emigración a centros urbanos y generando empleo y servicios.

- Por otra parte, cabe destacar que al analizar el escenario agrícola estimado para el 2020 y proyectar la demanda futura de fertilizantes nitrogenados para satisfacer el área cultivada potencial con maíz y trigo, se deberá tener en cuenta la provisión de Gas si se busca un autoabastecimiento en la provisión de urea, que es la principal fuente de nitrógeno. Este aspecto debería ser considerado en el análisis de la demanda del sector agrícola a la hora de estimar la demanda energética futura por los especialistas de dicho sector.

### **8.2.2. Ganadería**

Como se ha discutido a lo largo de este estudio, las emisiones totales de óxido nitroso y otros GEIs tales como metano (CH<sub>4</sub>) en la producción de carne son difícilmente reducibles en términos absolutos. Sin embargo, es factible la disminución de las emisiones por unidad de producto tanto de óxido nitroso como de GEI totales, por incremento de la producción de carne por cabeza, en el orden del 20%.

En Argentina, la eficiencia productiva de los sistemas ganaderos se ha mantenido relativamente estable en valores medios en los últimos 50 años. Esta eficiencia productiva media se ha mantenido a pesar de la existencia y amplia difusión de tecnologías de bajo costo que permitiría incrementarla significativamente.

En coincidencia con las conclusiones de la Mesa Ganadera del PEAA (Plan Estratégico Agro Alimentario), se propone que la escasa adopción tecnológica se debe a la ausencia de un

marco institucional pro-competitividad. Esto se traduce en normas regulatorias que cambian muy frecuentemente y de manera poco transparente, por lo que se desalienta la inversión de recursos humanos, naturales y económicos en una actividad de largo plazo.

Este aspecto se refleja en dos indicadores claves: la tasa de destete, y el peso medio de faena. La tasa de destete en Argentina se encuentra muy por debajo de los valores logrables, lo cuál se debe, en parte, a que una porción importante de los vientres se encuentra en manos de personas que ahorran en vacas, para salvaguardar el valor de su dinero pero no para producir eficientemente. El bajo peso medio de faena obtenido es el resultado por un lado del desincentivo sistemático de las exportaciones (los animales destinados a exportación son de mayor peso de faena).

Por otro lado, el resultado económico de la actividad de engorde se encuentra determinado por la relación entre el precio de compra y el de venta. Debido a que el contexto en que se desarrolla la ganadería es muy incierto, la minimización del tiempo del proceso de engorde reduce la incertidumbre debido a que acerca en el tiempo la realización del precio de venta. Estos conceptos deben considerarse cuando se persigue disminuir las emisiones que origina la ganadería.

En este sentido, la implementación de tecnologías que maximicen la producción, podrían dar lugar a una disminución en las emisiones por unidad de producto (por tonelada de carne, por ejemplo) del orden del 20%. Este beneficio ambiental debiera considerarse un beneficio económico y social para el sector ganadero y para toda la cadena de la carne vacuna a nivel nacional. Por lo tanto, una estrategia de desarrollo global de la actividad ganadera debería estar basado en un plan que considere estas tres componentes: ambiental, social y económica.

### Agricultura

En agricultura vale destacar el impacto tanto de las tecnologías analizadas, como así el también el valor que tiene la investigación acerca de los factores de emisión y de las variables que intervienen en las emisiones. No obstante, la cuestión referida a los cultivos que participan en la rotación agrícola es clave cuando se analizan las emisiones totales. Otro aspecto relevante a considerar en el crecimiento de la producción de granos es la demanda futura de fertilizantes nitrogenados y el grado de autoabastecimiento que tendrá el país hacia el año 2020.

La implementación potencial de las tecnologías evaluadas en agricultura resultó en una reducción del 5% sobre las emisiones totales proyectadas al 2020. Debe recordarse que no pudieron ser cuantificados el impacto del uso de fuentes menos volátiles ya que la metodología del IPCC 2006 no diferencia entre tipos de fertilizantes utilizados, ni respecto de la fertilización variable, por no estar claro su beneficio en términos absolutos y relativos a nivel nacional, considerando las diferencias entre las distintas regiones de producción.

No obstante, se identificaron dos aspectos que fueron de un impacto muy importante y que no están ligados a la implementación de una tecnología en particular ni a una práctica de cultivo determinada. Estos dos aspectos fueron:

- El grado de conocimiento de las variables que intervienen en la dinámica de las emisiones de los sistemas agrícolas.
- El impacto de las Rotaciones agrícolas (no fue incluido como tecnología).

El cambio en la metodología del IPCC dio lugar a que las emisiones estimadas del sector agrícola sean 8.35% menores, lo cual pone de manifiesto la necesidad de continuar investigando en este aspecto. En nuestro país aún no se conocen en profundidad los factores de emisión para las distintas combinaciones de clima, suelo y tipo de cultivo, lo cual es relevante a la hora de regionalizar los cálculos de las emisiones. En este aspecto se subraya la importancia de proveer recursos para acelerar la investigación en el conocimiento de dichos factores. Este tipo de estudio es costoso, pero se presume que existe la capacidad técnica en el país para ser llevada a cabo.

Al analizar el impacto de la secuencia de cultivos en la rotación agrícola, las emisiones totales disminuyen en forma significativa al pasar de una matriz con predominancia de leguminosas y/o oleaginosas (soja y girasol) a una matriz más equilibrada con una participación importante de gramíneas de invierno (Trigo, Cebada, etc) y/o de verano (Maiz y Sorgo). Como se vio en el capítulo referido al análisis de las rotaciones del Norte de Buenos Aires, el monocultivo de soja, por efecto del aporte de residuos, emitió un 89% más que una rotación "Soja-trigo/Soja2da" y un 250% más que una rotación "Soja-Maiz-Trigo/Soja2da", expresado en emisiones por tonelada de grano total producida.

En este último aspecto, intervienen sin duda cuestiones de diseño de política agrícola que contemplen integralmente medidas impositivas e inversiones en infraestructura que posibilite un abaratamiento de los fletes y que estimulen la inclusión de gramíneas a lo largo del país.

En los últimos años asistimos a un incremento en el área sembrada con soja, en todas las regiones del país, lo cual se debe principalmente a un desinterés creciente en cultivos como el trigo y el maíz. Esto sucede en un contexto en el cual la comercialización de ambos cultivos está sometida a reglas cambiantes, con cierres de exportaciones e incrementos periódicos en la tasa de retenciones a las exportaciones en los últimos 11 años en cultivos. Esto último si bien ha afectado al resto de los cultivos, pero no alteró significativamente su comercialización. Ambos cultivos, trigo y maíz, no sólo resultan clave para la sustentabilidad del sistema agrícola en su conjunto, sino que además requieren un grado relativamente mayor de inversión que las oleaginosas, implican un mayor riesgo climático y normalmente ofrecen una menor rentabilidad,

Medidas que contemplen cuestiones económicas y de tipo ambiental, tales como las emisiones de GEI y la sustentabilidad del recurso suelo, pueden dar lugar a un nuevo incentivo para la inclusión de gramíneas en las zonas más alejadas de los puertos, que son las más proclives al cultivo de oleaginosas.

Esta situación puede ser fácilmente revertida con medidas impositivas, tasas menores de retención, infraestructura vial y de ferrocarriles, etc. Esto permitirá, a su vez, dar lugar a una diversificación de productos en todas las regiones de modo que el esquema socioeconómico local sea mucho menos “producto-dependiente” frente a contingencias climáticas o de demanda internacional o local.

La diversificación de productos a nivel regional tiene un efecto positivo sobre la provisión de servicios y generación de empleo locales activando toda la cadena de los distintos productos agrícolas. En este sentido, el estímulo al establecimiento de industrias procesadoras en las zonas de producción pueden generar núcleos de desarrollo local disminuyendo la emigración a centros urbanos y generando empleo y servicios.

Una cuestión adicional surgió al analizar el escenario agrícola estimado para el 2020. Al proyectar la demanda futura de fertilizantes nitrogenados para satisfacer el área cultivada potencial con maíz y trigo, se deberá tener en cuenta la provisión de gas si se busca un autoabastecimiento en la provisión de urea, que es la principal fuente de nitrógeno. Este aspecto debería ser considerado en el análisis de la demanda del sector agrícola a la hora de estimar la demanda energética futura por los especialistas de dicho sector.

## **Ganadería**

Como se ha desarrollado a lo largo de este estudio, las emisiones totales de óxido nitroso y GEIs en la producción de carne son difícilmente reducibles en términos absolutos. Sin embargo, es factible la disminución de las emisiones por unidad de producto tanto de óxido nitroso como de GEI totales, por incremento de la producción de carne por cabeza, en el orden del 20%.

En Argentina, la eficiencia productiva de los sistemas ganaderos se ha mantenido relativamente estable en valores medios en los últimos 50 años. Esta eficiencia productiva media se ha mantenido a pesar de la existencia y amplia difusión de tecnologías de bajo costo que permitiría incrementarla significativamente.

En coincidencia con las conclusiones de la Mesa Ganadera del PEAA (Plan Estratégico Agro Alimentario), se propone que la escasa adopción tecnológica se debe a la ausencia de un marco institucional pro-competitividad. Esto se traduce en normas regulatorias que cambian

muy frecuentemente y de manera poco transparente, por lo que se desalienta la inversión de recursos humanos, naturales y económicos en una actividad de largo plazo.

Ejemplos de esto se presenta en dos indicadores claves: la tasa de destete, y el peso medio de faena. La tasa de destete en Argentina se encuentra muy por debajo de los valores logrables, lo cuál se debe, al menos en parte, a que una porción importante de los vientres se encuentra en manos de personas que "ahorran en vacas", para salvaguardar el valor de su dinero pero no para producir eficientemente. El bajo peso medio de faena obtenido es el resultado por un lado del desincentivo sistemático de las exportaciones (los animales destinados a exportación son de mayor peso de faena).

Por otro lado, el resultado económico de la actividad de engorde se encuentra determinado por la relación entre el precio de compra y el de venta. Debido a que el contexto en que se desarrolla la ganadería es muy incierto, la minimización del tiempo del proceso de engorde reduce la incertidumbre debido a que acerca en el tiempo la realización del precio de venta.

Estos conceptos deben considerarse cuando se persigue disminuir las emisiones que origina la ganadería. En este sentido, y como se dijo al principio, la implementación de tecnologías que maximicen la producción, podrían dar lugar a una disminución en las emisiones por unidad de producto (por tonelada de carne, por ejemplo), del orden del 20%. A este beneficio ambiental debiera considerarse un beneficio económico y social para el sector ganadero y para toda la cadena de la carne vacuna a nivel nacional. Por lo tanto, una estrategia de desarrollo global de la actividad ganadera debería estar basado en un plan que considere estas tres componentes: ambiental, social y económica.



### 10.1. LISTA DE ACTORES INVOLUCRADOS

- Productores y técnicos

*AACREA (Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola).*

- Ing Agr Martin Pella

*Agroservicios Pampeanos SA.*

- Ing Agr Martin Larraburu

*Agroservicios Pampeanos S.A.*

- Dr Karen.Beauchemin

*Agriculture and Agri-Food Canada, Lethbridge Research Centre, Alberta, Canada*

- Dr Martin Diaz Zorita

*Conicet – Novozymes Argentina.*

## 10.2. FICHAS DE TECNOLOGÍAS SELECCIONADAS

### A. Inhibidores de la Volatilización de Urea.

#### a. Introducción y características de la tecnología

La metodología de cálculo IPCC 2006 estima emisiones de N<sub>2</sub>O directas provenientes de los residuos de cosecha, e indirectas (por deposición atmosférica) provenientes de la volatilización de los fertilizantes sintéticos aplicados al suelo. La volatilización de fertilizantes nitrogenados varía en función de su grado de incorporación al suelo, las condiciones de temperatura y humedad y el tipo de fertilizante utilizado.

Sin embargo, y paralelamente al tipo de fertilizante nitrogenado que se utilice, existen también inhibidores de la acción de la enzima ureasa en el suelo, que retrasan la hidrólisis de la urea y disminuye el porcentaje de volatilización (Grant, 2004; Carmona et al., 1990), minimizando las pérdidas de N.

En nuestro país, algunos de estos productos se conocen como NSN (copolímero maleico-itacónico) y como n-NBPT o NBPT ( triamida N-(n-butil) tiofosfórica) que agregados a la urea disminuyen la tasa de liberación de N pudiendo reducir las pérdidas.

El uso de urea recubierta con polímeros y la urea-NBPT aparecen como opciones para optimizar la liberación del N de la urea en función del grado de humedad del suelo. En presencia de humedad, la cubierta se humedece y permite la liberación del N.

Como principal ventaja la Urea–NBPT puede retrasar la hidrólisis hasta 14 días aumentando las probabilidades de que una lluvia la incorpore al suelo. La principal desventaja de esta tecnología es que puede retrasar también la disponibilidad del N para el cultivo, además de representar un costo adicional por tonelada de fertilizante.

En nuestro país algunos investigadores han empezado a estudiar el efecto de retardadores o inhibidores de la ureasa tales como NBPT. Ferraris et al., 2009 analizaron el efecto del NBPT en dos niveles de urea (60 y 120 kg de N/ha) aplicados en maíz en Pergamino. Los autores midieron volatilización acumulada hasta 9 días posteriores a la aplicación y obtuvieron valores de 6.5 a 15.9 % para ambas dosis y 0.4% y 1.3% para Urea + NBPT con dosis de 60 y 120 kg N/ha respectivamente. Si bien las diferencias en volatilización fueron muy importantes, también hubo diferencias de rendimiento estadísticamente significativas en dos de los tres sitios estudiados en valores cercanos a los 500 kg de grano /ha.

En Balcarce, provincia de Buenos Aires, Barbieri et al (2010), estudiaron durante dos años el comportamiento de la Urea tratada con NSN y NBPT, aplicada superficialmente en maíz bajo siembra directa. Dichos autores obtuvieron valores de volatilización de N-NH<sub>3</sub> del 3 al 10 % del N aplicado para dosis de 60 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Las pérdidas desde los tratamientos Urea + NSN no superaron el 0,5% para ambas dosis. No obstante, no hallaron diferencias significativas de rendimiento.

En síntesis, la disponibilidad de productos más sofisticados podría permitir disminuir las pérdidas por volatilización en aplicaciones de nitrógeno, especialmente en aplicaciones superficiales no incorporadas. Los trabajos citados permiten inferir que, mediante el uso de



inhibidores, el Factor de Emisión por volatilización de  $N-NH_3$  podría reducirse a valores del 0.5% al 1,3% en aplicaciones al voleo de urea.

#### **b. Aplicabilidad específica y potencial en el país**

Aunque el volumen adoptado en Argentina por la mayoría de los productores no es importante, el efecto de esta tecnología puede ser promisorio en la disminución de pérdidas por volatilización como amoníaco y en el incremento de rendimientos ante iguales cantidades de urea aplicada. La urea tratada con inhibidores de la volatilización que se comercializa en Argentina rondaría el 5% en región pampeana, según datos de la empresa privada Agroservicios Pampeanos.

A modo de ejemplo, el consumo de urea en Argentina en el año 2010 fue aproximadamente de 1.200.000 tons. Si el total de la urea fuese tratada con NBPT se generaría un mercado de 43,2 millones de dólares. Asimismo, incrementos futuros en la producción agrícola darían lugar a un incremento en el consumo de urea a nivel nacional.

Sin embargo, vale recordar que el 100% del NBPT utilizado en el país es importado y no sería impensable la fabricación del mismo en el país, considerando su mercado potencial. Esto último podría, posiblemente, dar lugar a un costo menor para el productor al ser producido en el país.

#### **c. Status de la Tecnología en el país**

Esta tecnología, si bien no se produce en el país, es importada y esta disponible para los productores que la requieran. Su bajo grado de adopción en Argentina se debe al desconocimiento de los técnicos acerca de la magnitud de las pérdidas de N por volatilización y su impacto en la eficiencia de aplicación de la urea. Consecuentemente, el productor lo ve como un costo extra (10 a 15% más caro) y no percibe el beneficio que tiene su adopción.

En Argentina, algunas empresas comercializan este tipo de productos. Por ejemplo, entre otras, Agroservicios pampeanos comercializa, desde 1995, algunos productos como Urea ESN de liberación lenta, un fertilizante foliar líquido de liberación lenta (NitroLL), pero mayormente comercializa NBPT y cuenta con la infraestructura para recubrir la urea necesaria con este producto a pedido del productor.

#### **d. Beneficios Económicos, sociales y ambientales**

El uso de inhibidores de la volatilización tiene un beneficio económico al mejorar la eficiencia de aplicación del fertilizante, pudiendo reducir dosis o bien logrando mayores rendimientos a iguales dosis aplicadas sin inhibidores. En términos ambientales, el beneficio de esta tecnología reside en la disminución de emisiones indirectas de óxido nitroso, que se produce cuando hay volatilización. Además, la liberación más lenta del fertilizante, puede disminuir el riesgo de lixiviación de nitratos a la napa freática.

#### **e. Beneficios en la Mitigación del cambio climático.**

En Argentina, esta tecnología puede dar lugar a una reducción de emisiones totales del 1.1 % por tonelada producida de trigo y de maíz. Esta reducción comprende las emisiones directas de  $CO_2$  por metabolización de la urea en presencia de ureasa, y de emisiones indirectas de óxido nitroso por volatilización. Según los cálculos realizados en este estudio, el uso de inhibidores de la volatilización en urea, daría lugar en Argentina a una reducción anual de 130.000 Tn de  $CO_2eq$ .al 2020.

#### **f. Costos y Requerimientos financieros.**

El costo de un inhibidor como el NBPT es aproximadamente de 36 u\$s por tonelada de urea tratada y su costo relativo depende del precio de la urea. El tratamiento de la urea con NBPT requiere 3 lts /ton de Urea a un valor promedio de 12 u\$s / litro. Esto representaría un incremento en el costo por hectárea de entre 3.6 y 7.2 u\$s/ha, para dosis de 100 o 200 kg/urea/ha, lo cual es accesible para un productor, si se considera que se evitan pérdidas que pueden llegar al 40% por volatilización para urea aplicada superficialmente sin incorporación, en algunas zonas del país y en momentos del año de altas temperaturas.

### **B. Fijadores Libres de N.**

#### **a. Introducción y características de la tecnología**

La utilización de fertilizantes biológicos es un concepto que se ha puesto en práctica desde hace mucho tiempo en la Región Pampeana Argentina, pero en los últimos años ha tomado un impulso creciente, a partir del desarrollo de productos de mayor calidad, y orientados hacia nuevos cultivos.

Desde hace tiempo se reconoce que la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) realiza un aporte considerable de N a las plantas de la familia de las Leguminosas. Sin embargo, la utilización por parte de los productores de inoculantes a base de las bacterias encargadas de este proceso era restringida hasta hace pocos años. El desarrollo de productos de mayor calidad y los resultados favorables observados en ensayos de investigación posibilitaron que se incremente su uso, a la vez que despertaron interés sobre otros microorganismos como *Azospirillum*, *Pseudomonas* o Micorrizas.

Estos microorganismos están orientados a favorecer la adquisición de nutrientes por parte de los cultivos, principalmente de gramíneas, a la vez de ejercer un efecto promotor del crecimiento que ayude a superar situaciones de estrés o simplemente logre incrementar su tasa de crecimiento en algún estadio importante para la definición de los rendimientos. En todos los casos cumplen con la condición de ser amigables con el ambiente, ya que son organismos que naturalmente se encuentran en la rizósfera de las plantas cultivadas, sólo que en estos casos se incrementa su población, la cual vuelve al nivel de equilibrio inicial luego de la senescencia del cultivo. Los géneros más estudiados como fijadores biológicos o promotores de crecimiento en plantas no leguminosas son los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Herbaspirillum*, y otros.

La bibliografía en general considera a *Azospirillum* como uno de los géneros de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal más estudiados en la actualidad debido a su capacidad de mejorar significativamente el crecimiento y desarrollo, así como el rendimiento de numerosas especies vegetales de interés agrícola (Bashan et al. 2004).

Los primeros mecanismos propuestos para la promoción bacteriana del crecimiento vegetal han sido relacionados con el metabolismo del nitrógeno, a través de la fijación biológica en condiciones de vida libre o por el incremento de la actividad nitrato reductasa en condiciones endofíticas, pero han tenido una menor significancia agronómica respecto de lo que se esperaba inicialmente.

En contrapartida, uno de los principales mecanismos propuestos en la actualidad para explicar la promoción del crecimiento vegetal, estaría relacionado con la capacidad de este microorganismo para producir o metabolizar compuestos del tipo fitohormonas, tales como ácido indol acético; citocininas (Tien et al. 1979); giberelinas (Bottini et al. 1989) y etileno (Strzelczyk et al. 1994), así como de otras moléculas reguladoras del crecimiento vegetal, tales como el ácido abscísico (ABA) (Perrig et al. 2007) y la diamina cadaverina (CAD) (Cassán et al. 2003).

En los primeros, la respuesta de crecimiento fue atribuida por lo menos a tres mecanismos bacterianos de promoción: la fijación de nitrógeno atmosférico, la producción de fitohormonas tipo auxinas y giberelinas y el efecto indirecto de la interacción de *Azospirillum* sp. con la comunidad rizosférica.

Similares resultados fueron observados en plantas inoculadas de trigo y sorgo por Pozzo-Ardizzi (1982) y en varias especies de interés comercial (Paredes-Cardona et al. 1988, Sarig et al. 1990).

Veinte años de evaluación de ensayos de inoculación a campo, muestran que un 60-70% de las experiencias realizadas fueron exitosas, con un incremento significativo de la producción entre un 5-30% en cultivos de interés agronómico (Bashan and Olguin 1997).

Los efectos de estos promotores de crecimiento son conocidos desde hace más de veinte años. Okon y Labandera (1994) realizaron una recopilación de 20 años de resultados, pero recién en el último quinquenio, como resultado de acuerdos entre sector privado y organismos estatales, se logró tener un producto que sea confiable de aplicación extensiva en el campo. Esto se debía a que había una cierta brecha entre los productos y efectos logrados en el laboratorio y los resultados que se obtenían a campo.

#### **b. Aplicabilidad específica y potencial en el país**

Hay en la actualidad productos comerciales que contienen este tipo de bacterias y se utilizan colocando un inoculante sobre la semilla previo a la siembra.

Dentro de las experiencias publicadas por el sector privado hay respuestas en trigo sobre un total de casi 300 casos (297) hay respuestas con mejoras de 8 % en rendimiento. También se mencionan mejoras en la producción de biomasa aérea y radical (12 y 22,5 % respectivamente) en Díaz Zorita et al (2009).

También hay resultados de aumento de rendimiento en el cultivo de maíz con un aumento de producción de 511 kg por hectárea en más de 200 sitios experimentales ([www.nitragin.com.ar/intranet/argentina/archivos/folleto/Folleto-digital-Nitragin-Maiz2010.pdf](http://www.nitragin.com.ar/intranet/argentina/archivos/folleto/Folleto-digital-Nitragin-Maiz2010.pdf)).

#### **c. Status de la Tecnología en el país**

En la actualidad, aun cuando los resultados obtenidos con estos productos son evaluados a nivel académico, su difusión no es masiva. En la Argentina se estima que un 5 % de los cultivos de trigo y de maíz se hallan tratados con estos promotores de crecimiento. Algunas de las posibles causas a las que se atribuye la baja incorporación de esta tecnología pueden ser:

- a) La falta de resultados visibles a simple vista: una diferencia de 6 u 8 % en rendimiento no es perceptible de un lote de producción a otro.

- b) El requerimiento de un trabajo extra, previo a la siembra, que exige tiempo y cierta inversión. Este trabajo se ve reducido en los productos de nueva generación que permiten el tratamiento de las semillas con más de una semana de anticipación a la siembra.

**d. Beneficios Económicos, sociales y ambientales**

Como beneficio económico esta tecnología genera un incremento en la producción de granos cercana al 8%. Este incremento es logrado a un costo mucho menor que usando la dosis de fertilizante nitrogenado que se utilizaría para ser alcanzado, con el correspondiente beneficio ambiental.

**e. Beneficios en la Mitigación del cambio climáticos.**

A los efectos de este estudio, se valorizó el impacto potencial de la adopción de fijadores biológicos en Trigo y Maíz sobre las emisiones totales al 2020, tomando un efecto del 8% de incremento del rendimiento. Esto daría lugar a una reducción de CO<sub>2</sub> eq. del orden del 5%, por tonelada de maíz y trigo. Esto significaría para la Argentina una reducción de 625.000 toneladas CO<sub>2</sub>/año al 2020, usando esta tecnología en el 100% de la superficie con Trigo y Maíz.

**f. Costos y Requerimientos financieros.**

Esta tecnología es accesible para el productor y el valor del producto a ser utilizado ronda los 6 u\$/ha. Por otra parte, el mercado potencial para fijadores libres en cereales es relevante. Si se considera la estimación de área para el año 2020, unas 5,1 millones de hectáreas se destinarían a Maíz y 7.7 millones de hectáreas estarían sembradas con trigo. Esto resultaría, a nivel nacional, en un mercado anual de 76 millones de u\$. lo cual hace rentable su producción y comercialización.

### 10.3. LISTADO DE REFERENCIAS

- Abrol, Y.P., Raghuram, N. and Sachdev, M.S. (Eds). (2007). Agricultural Nitrogen use & its Environmental Implications. IK International, Delhi . 552 p.
- Barbieri, P.A.; H.E. Echeverria, H.R. Sainz Rozas y M. Maringolo. 2010. Fertilización de maíz con urea de liberación lenta: pérdida por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno. *Ciencia del Suelo*, 28 (1): 57-66.
- Bashan, Y., and H. Levanony. 1990. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Can. J. Microbiol.* 36:591-608.
- Bashan, Y.,G. Holguin. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances. *Can. J. Microbiol.* 43:103-121
- Beauchemin, K.A.and E Mc Geough. 2012. Life Cycle Assesment - A Holistic approach to assesing Greenhouse Gas Emissions from Beef and Dairy Production. *Revista de Produccion Animal Vol 32 (1): 69-76 (2012)*
- Beauchemin, K.A., Janzen, H.H., McAllister, T.A., and McGinn, S.M. (2011). "Mitigation of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada - Evaluation using farm-based life cycle assessment.", *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, pp. 663-677. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2011.04.047
- Bottini R., Fulchieri M., Pearce D., Pharis R. 1989. Identification of gibberellins A1, A3, and Iso-A3 in cultures of *A. lipoferum*. *Plant Physiol.* 90: 45-47.
- Bullock, S.D., Ruffo, M.L., Bullock, D.G. and Bollero, G.A. 2009 The Value of Variable Rate Technology: An Information-Theoretic Approach *Am. J. Agr. Econ.* 91(1): 209-223
- Cap, E.J. y González, P. (2004) La adopción de tecnología y la optimización de su gestión como fuente de crecimiento de la Economía Argentina. INTA, Instituto de Economía y Sociología. ([www.inta.gov.ar/ies/](http://www.inta.gov.ar/ies/)).
- Carmona, G.,C.B. Christianson and B.H. Byrnes. 1990. Temperature and low concentration effects of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (nBTPT) on ammonia volatilization from urea. *Soil Biology and Biochemistry.* 22:933-937.
- Cassán F, Piccoli, P. and Bottini R. 2003. Plant growth promotion by *Azospirillum* sp. through gibberellin production. An alternative model to increase crop yield?. *Microbiología Agrícola: Un aporte de la Investigación Argentina para la Sociedad.* (2003) pp: 143- 158. Editorial de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Cerisola C.I, García M. G., FILGUEIRA R.R. 2005 Distribución de la porosidad de un suelo franco arcilloso (Alfisol) en condiciones semiáridas después de 15 años bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo* 23 (2): 167-178.
- Ciampitti I.A. y F.O. García. 2007. Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I Cereales, Oleaginosos e Industriales. *Informaciones Agronómicas* N° 33, *Archivo Agronómico* N° 11. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/E036AC788900A6560325728E0069FF05](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/E036AC788900A6560325728E0069FF05)
- Collino,D.,deLuca,M.,Peticari,A.,UrquiagaCaballero,S.,Racca,R.,2009.Areas homogéneas de aporte de N por FBN en la región sojera Argentina. In: *Proceedings XXIV Reunión latinoamericana de Rhizobiología*, La Habana, Cuba. 4 al 8deMayo.

- Cosentino, V. R. N., Figueiro Aureggi, S. A. y Taboada M.A. 2010, ¿Afectan la intensidad del tránsito y el momento de la rotación a los factores reguladores de las emisiones de N<sub>2</sub>O desde los suelos agrícolas? XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. pp 289.
- Derpsch, R., Friedrich, T. 2009. Global Overview of Conservation Agriculture Adoption Proceedings IV World Congress on Conservation Agriculture New Delhi, India, February 2009. Available at <http://www.fao.org/ag/ca/6c.html>
- Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., Hongwen, L. 2010 Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. Int J Agric & Biol Eng, 2010; 3(1):
- Diaz-Zorita, M., Fernandez-Canigia MV, 2009 Field performance of a liquid formulation of Azospirillum brasilense on dryland wheat productivity- European Journal of Soil Biology
- Eiza, M.J., N. Fioriti; G.A. Studdert, y H.E. Echeverría. 2005. Fracciones de carbono orgánico en la capa arable: efecto de los sistemas de cultivo y fertilización nitrogenada. Ciencia del Suelo, vol.23 (1): 59-6
- FAUBA. 2008. Desarrollo de un modelo de simulación de la cadena de la carne bovina. Informe final de proyecto. Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina. 118 p.
- Feldkamp, C.R. 2004. Cow-calf operation in Argentina. A systems approach to intervention assessment. Pro-Business Verlag, Berlin. 205 p.
- Ferraris, G., L. Couretot y M. Toribio. 2009. Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz en Pergamino (Bs As). Efectos de fuente, dosis y uso de inhibidores. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. IPNI. N°41.
- Ferraris, G. y L. Couretot. 2004. Evaluación de la utilización de bacterias solubilizadoras de fósforo (*Pseudomonas* spp) en trigo. Revista de Tecnología Agropecuaria, EEA INTA Pergamino, IX (25): 37-39.
- Ferrell, C.L. y T.G. Jenkins, 1984. Energy utilization by mature, non-pregnant, non-lactating cows of different types. Journal of Animal Science 58 (1): 234-243.
- Ferrerías, L., S. Toresani, y Pecorari, C. 2002. Rendimiento, Parámetro edáficos, crecimiento y rendimiento del cultivo de trigo bajo diferentes manejos. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario–Nro2. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Investigacion/revista/rev2/4.htm>. Accedido en 10 Nov 2011
- Fontaneto, H; H Vivas; O Kéller & J Romera. 2002. Evaluación de la volatilización de amoníaco desde diferentes fuentes nitrogenadas en soja con siembra directa. II Congreso Brasileiro de Soja. Mercosoja 2002. Resumos: 229.
- García F. O., K. P. Fabrizzi, L. Picone y F. Justel. 1999. Volatilización de amoníaco a partir de fertilizantes nitrogenados aplicados superficialmente bajo siembra directa y labranza convencional en Argentina. Actas 14º. Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón, Chile.
- Grant, C.A. 2004. *Potential uses for Agrotain and polymer coated products*. In: Proceedings, Direct Seeding: The Key to Sustainable Management. Annual Meeting, Saskatchewan Soil Conservation Association. February 11-12. Regina, Saskatchewan. p. 76-86.
- Gezgin, S. and Bayraklı, F. 1995. Ammonia volatilization from ammonium sulfate, ammonium nitrate and urea surface applied to winter wheat on a calcareous soil. J. Plant Nutr. 18 (1):2483-2494.
- Hirzel, J; I. Matus, R. Madariaga. 2010 - Effect of Split Nitrogen Applications on Durum Wheat Cultivars in Volcanic Soil. Chilean Journal of Agricultural Research 70(4):590-595

- Institut National de la Recherche Agronomique, 1988. Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 432 pág.
- Instituto Petroquímico Argentino (IPA ) , 2011 . Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina - 31ª Edición - accesible en [http://www.ipa.org.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=9&Itemid=39](http://www.ipa.org.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=39)
- IPCC. 1996 - Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - versión revisada en 1996. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/spanish.html>
- IPCC. 2000 - Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum\\_es.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.html)
- IPCC 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- Jantalia, C. P., H. P. Dos Santos, S. Urquiaga, R. M. Boddey y B. J. R. Alves (2008). Fluxes of nitrousoxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the south of Brazil. Nutrient Cycling in Agroecosystems 82: 162-171.
- Jones C.A., R. T. Koenig, J. W. Ellsworth, B. D. Brown y G. D. Jackson. 2007. Management of Urea Fertilizer to Minimize Volatilization. MSU Extension service. EB173 Acceded to <http://landresources.montana.edu/soilfertility/ammonvolat.html> on Oct 10<sup>th</sup> 2011
- Keller, G.D. and D.B. Mengel. 1986. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers surface applied to no-till corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:1060-1063.
- Kissel, D. E., M. L. Cabrera, and R. B. Ferguson. 1988. Reactions of ammonia and urea hydrolysis products with soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:1793-1796.
- Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E. y V.R. Bremer. 2008. Board-Invited review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. Journal of Animal Science 86: 1223-1231.
- Leonard, R.A., W.G.Knisel, and D.A. Still. 1987. GLEAMS: Groundwater loading effects of agricultural management systems. Trans ASAE 30:1403-1418.
- Lightner, J.W., D.B. Mengel, and C.L. Rhykerd. 1990. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizer surface applied to orchard grass sod. Soil Sci. Soc. Am. J. 54:1478-1482.
- Lim K. J. and B. A. Engel. 2003. Extension and Enhancement of National agricultural pesticide risk analysis (NAPRA) WWW decision support system to include nutrients. Computers and Electronics in Agriculture 38 (2003):227-236.
- Machado, C.F. y Berger, H. 2012. Uso de modelos de simulación para asistir decisiones en sistemas de producción de carne. Revista Argentina de Producción Animal 32(1): 87-105.
- Meyer, R.D., R.A. Olson, and H.F. Rhoades. 1961. Ammonia losses from fertilized Nebraska soils. Agron. J. 53:241-244.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2009. Sistema Integrado de Información Agropecuaria - Estadísticas - Desarrollo 2009.
- National Research Council, 1985. Ruminant Nitrogen Usage. National Academy Press, Washington, D.C., EE.UU. 137 pág.

- National Research Council, 1996. Nutrient requirements of beef cattle. Update 2000. 7th revised edition. National Academy Press, Washington, D.C., EE.UU. 232 pág.
- Okon Y., C.A. Labandera-González, 1994. Agronomic applications of Azospirillum: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation, Soil Biol. Biochem. 26 : 1591–1601.
- Oliverio G., F. Segovia y G. López. 2004 - Fertilizantes para una Argentina de 100 millones de toneladas - Fundación Producir Conservando.
- Palma, RM; M Rímolo; MI Saubidet & ME Conti. 1997. Influence of tillage system on denitrification in maize-cropped soils. Biology and Fertility of Soils 25: 142-146.
- Paredes-Cardona, E., M. G. Carcaño-Montiel, M. A. Mascarúa-Esparza, and J. Caballero-Mellado. 1988. Respuesta del maíz a la inoculación con *Azospirillum brasilense*. Rev. Latinoamericana de Microbiol. 30:351-355.
- Pecorari C, L. F. Balcaza y E. Frutos. 1988. Relaciones empíricas entre contenido de agua, textura y materia orgánica en suelos representativos de la Pampa Ondulada. Informe Técnico N° 212. EEA Pergamino.32 p.
- Perdomo C., P. Irisarril y O. Ernst .2009. Nitrous oxide emissions from and Uruguayan Argiudoll under different tillage and rotation treatments. Nutrient Cycling in Agroecosystems 84: 119-128.
- Perrig, D., L. Boiero, O. Masciarelli, C. Penna, F. Cassán and V. Luna. 2007. Plant growth promoting compounds produced by two agronomically important strains of *Azospirillum brasilense*, and their implications for inoculant formulation. *Applied Microbiology and Biotechnology* (2007). 75: 1143-1150
- Pozzo Ardizzi M. 1982. Non-symbiotic nitrogen fixing bacteria from patagonia. In Technology of Tropical Agriculture (P. Graham and S. Harris, editoritors) pp: 599-612. Colombia.
- Racca, R., D. Collino, J. Dardanelli, D.Basigalup, N. Gonzalez, E. Brenzoni, N. Hein y M . Balazarini. Contribución de la fijación biológica de Nitrógeno a la la nutrición nitrogenada de la alfalfa en la región pampeana. Ediciones INTA 2001
- Rasmussen J., K. Søgaard, K. Pirhofer-Walzl, J. Eriksen . 2011. N<sub>2</sub>-fixation and residual N effect of four legume species and four companion grass species. Europ. J. Agronomy 36: 66-74
- Rearte, D. (2005) Potencial de la Ganadería, Informe de la Jornada para el Desarrollo Ganadero, UCA-Mercado de Liniers-CCPP, cita en Buenos Aires, Argentina.
- Rochette, P, Angers DA, Belanger G, Chantigny MH, Prevost D, Levesque G. 2004. Emissions from alfalfa and soybean crops in eastern Canada. Soil Sci. Soc. Am. J. 68:493-506
- Rochette, P. and Janzen, H.H. (2005). Towards a revised coefficient for estimating N<sub>2</sub>O emissions from legumes. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 73, 171-179.
- Rochette, P., Bertrand N. 2007. Soil-Surface Gas Emissions. In Soil Sampling and Methods of Analysis. 2nd Edition., CRC Press Taylor & Francis, Boca Raton, FL, USA, Chapter 65
- Romera, A.J., Morris, S.T., Hodgson, J., Stirling, W.D. and Woodward, S.J.R. 2004. A model for simulating rule-based management of cow-calf systems. Computer and Electronics in Agriculture 42: 67-86.
- Ruffo M. y Michiels, C, 2010. Manejo Sitio Especifico de Nitrógeno en Maiz : Experiencias en EEUU y Argentina. IX Congreso Nacional de Maíz, 18 de Noviembre de 2010 Rosario, Santa Fe



- Sainz Rozas, H., H. E. Echeverria, P. Barbieri 2004. Denitrificación en un suelo bajo siembra directa en función de la presencia de plantas de maíz y de la dosis de Nitrógeno. *del Suelo* 22 (1):27:35
- Sandoval P, D. Sanchez, H. Erbeta, N. Burgi, S.Lauxmann, A. Albrecht, M.A. Jimenez Lucena, J.L Motto y A Gargicevich. 2005. Actores sociales de la tecnología siembra directa. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 4 (1-2) 55-62
- Sarig, S., Y. Okon, and A. Blum. 1990. Promotion of leaf area development and yield in Sorghum bicolor inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Symbiosis* 9:235-245.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 2007 - 2da Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>
- SENASA, 2011. Establecimientos de engorde a corral. Actualización a enero de 201. Informe estadístico N°15. Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales, Dirección Nacional de Sanidad Animal. 17 pág.
- Sey, B.K., J.K Whalen, E.G. Gregorich, P. Rochette, R.I. Cue. 2008. Carbon dioxide and nitrous oxide content in soils under corn and soybean. *Soil Science Society of America Journal* 72: 931-938.
- Skaggs R.W. 1980. DRAINMOD reference report. USDA. Soil Conservation Service, NorthCarolina State University, Raleigh, North Carolina.
- Smith, K.A., T. Ball, F. Conen, K.E. Dobbie, J. Massheder, A. Rey, 2003. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. *European Journal of Soil Science* 54: 779-791
- Snyder, C.S. 2008. Fertilizer Nitrogen BMPs to Limit Losses that Contribute to Global Warming - International Plant Nutrition – IPNI June 2008 Ref. # 08057 Item 30-3210 . Disponible en <http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/0/6D54ABC2C92D9AFA8525749B0074FF59> accedido en 15 Nov 2011
- Snyder CS, Bruulsema TW, Jensen TL, Fixen PE. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agric. Ecos. Environ.*
- Solis, J.C., Byers, F.M., Schelling, G.T., Long, C.R. y L.W. Greene, 1988. Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of different types. *Journal of Animal Science* 66: 764-773.
- Spiehs, M.J. y V.H. Varel, 2009. Nutrient excretion and odorant production in manure from cattle fed corn wet distillers grains with solubles. *Journal of Animal Science* 87: 2977-2984.
- Strzelczyk E., Kamper M. and Li C. 1994. Cytocinin-like-substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon sources. *Microbiol. Res.* 149:55-60
- Studdert G.A; Echeverría H.E. y Casanovas E.M. 1997. Crop-pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a typic argiudoll. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1466-1472.
- Taboada MA; Cosentino VRN. 2011. Emisiones de gases con efecto invernadero provenientes de la agricultura. Estado actual del conocimiento en el mundo y en Argentina. Simposio Fertilidad 2011. IPNI. Rosario, 18 de mayo de 2011.
- Tien, T. M., M. H. Gaskins, and D. H. Hubbell. 1979. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). *Appl. Environ. Microbiol.* 37:1016-1024.

- Tisdall, J.M., Oades, J.M., 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. J. Soil Sci. 62, 141–163
- Vachon, K. 2008. Soil carbon and nitrogen dynamics and greenhouse gas mitigation in intercrop agroecosystems in Balcarce, Argentina. Master thesis, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada. 108 pp.
- Vance, C. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. Plant Physiology **127**, 391-397 (2001).
- Vázquez Amábile, G., 2007. Nuevas Herramientas para Planificar el Uso del Suelo. Revista CREA Año XXXVI Nro 315, Enero 2007,56-62
- Vázquez Amábile, G., 2011. Guía para identificar los ambientes de un campo. Revista CREA Nro 374, Diciembre 2011,26-30
- Fuentes Sitios Web Consultados de Organismos
- SENASA. <<http://www.senasa.gov.ar>>. [20 de noviembre de 2011].
- IPCVA <<http://www.ipcva.com.ar>>. [20 de noviembre de 2011].
- Censo Nacional Agropecuario (2002). <<http://www.indec.mecon.ar>>. [20 de noviembre de 2011].
- SIIA <<http://www.siiia.gob.ar>>. [20 de noviembre de 2011].
- FAOSTAT <<http://faostat.fao.org/default.aspx>>. [20 de noviembre de 2011].
- USDA <<http://www.nass.usda.gov>>. [20 de mayo de 2011].
- Australian Bureau of Statistics <<http://www.abs.gov.au/>>. [20 de mayo de 2011].

## 11. IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS EN EL SECTOR NITROGENO EN LA AGRICULTURA

Luego de la identificación de tecnologías aplicables y de la valorización de su impacto potencial sobre las emisiones de óxido nítrico, se discutieron las barreras que podrían existir en nuestro país para el desarrollo y adopción de las tecnologías propuestas, tanto en el campo técnico, económico, político y social.

Asimismo se listaron los actores involucrados en cada tecnología, agrupándolos dentro de los siguientes subsistemas: Científico-técnico, Agro-Industrial, Financiero, Productivo y de Política Agropecuaria (Sandoval et al., 2005).

### 11.1. Barreras a la Investigación aplicada a la determinación de los Factores locales de emisión de Óxido Nítrico:

- Técnicas:
  - Para lograr determinar factores de emisión de óxido nítrico regionales, que consideren variables climáticas (temperatura y precipitación), tipo de suelo (grandes grupos: Argiudoles, Hapludoles, etc.) y tipos de cultivo o cobertura vegetal, es vital la planificación y la coordinación. Un proyecto de investigación de este tipo requiere replicar sitios a lo largo del país, por un periodo de tiempo no menor a tres años y adquirir equipamiento costoso y trabajar en forma coordinada con una metodología común.
- Económicas:
  - El financiamiento para una red estudio de emisiones, como la señalada en el punto anterior, puede ser una barrera muy importante.

Actores involucrados:

- Gobierno: Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y Ministerio de Ciencia y Técnica.
- Subsistema científico técnico: INTA, Conicet y Universidades, AACREA.
- Organismos internacionales: IPCC - PNUMA

### 11.2. Barrera para la implementación de Tecnologías Agrícolas

#### 11.2.1. Barreras al Uso de Fuentes de N menos volátiles

- Técnicas:
  - Desconocimiento por los técnicos de la dinámica de pérdidas de N por volatilización y su impacto en la eficiencia de aplicación de la urea.
  - En el caso del Sulfato de amonio, contiene 20% de N mientras que la urea contiene 46%N, de modo que debe considerarse que deben moverse 2,3 veces más cantidad de producto para aplicar una misma cantidad de Nitrógeno, lo cual es una cuestión logística de gran importancia en el componente del precio.

- El nitrato de amonio tiene un 37% de N, pero su peligrosidad en almacenaje (explosividad) es el principal impedimento para su adopción masiva.
- Mercado:
  - Baja disponibilidad. En el caso de fuentes menos volátiles tales como sulfato de Amonio y Nitrato de amonio no están fácilmente disponibles. El Nitrato de Amonio, mayormente importado, se destina a la síntesis de UAN y a la fabricación de Explosivos. El Sulfato de amonio constituye del 3 al 6% del total de fertilizantes nitrogenados, mientras la Urea y el UAN aportan el 90% de los fertilizantes nitrogenados.
- Económicas:
  - El productor lo ve como un costo extra y no percibe el beneficio

Actores involucrados:

- Subsistema Agro-Industria: Productores locales, Importadores y Distribuidores de fertilizantes.
- Subsistema Productivo: Asesores técnicos, Productores en general, AACREA, AAPRESID

#### **11.2.2. Barreras al Uso de Inhibidores de Liberación de N y Fuentes menos volátiles de N**

- Técnicas:
  - Desconocimiento por los técnicos de la dinámica de pérdidas de N por volatilización y su impacto en la eficiencia de aplicación de la urea.
- Económicas:
  - El productor lo ve como un costo extra (10 a 15% mas caro) y no percibe el beneficio
- Mercado:
  - Los distribuidores de Urea deben tener la estructura para tratar el fertilizante con los polímeros inhibidores de la volatilización.
  - Los polímeros se importan en un 100%, aunque no parece difícil que se desarrollen en el país, lo cual abarataría posiblemente su costo.

Actores involucrados:

- Subsistema Agro-Industria: Productores locales, Importadores y Distribuidores de fertilizantes.
- Subsistema científico técnico: INTA, Conicet y Universidades.
- Subsistema Productivo: Asesores técnicos, Productores en general, AACREA, AAPRESID

### 11.2.3. Barreras al Uso de Fijadores Biológicos de N y Factores de Crecimiento

En este rubro tecnológico se analizaron por separado las barreras al Desarrollo de esta tecnología en general y en el país, y las barreras a su Adopción.

#### a. Barreras al Desarrollo de Fijadores Biológicos y Promotores de crecimiento

- Marco Legal:
  - La industria identifica un problema central respecto a la propiedad intelectual. En Argentina no se pueden patentar bacterias, por lo tanto es difícil invertir en I+D sobre una tecnología muy fácilmente copiable. Esto atenta contra la investigación y avances en este campo por parte del sector privado.
- Económicas:
  - El desarrollo es lento y costoso y los progresos son de lenta adopción. Esto es debido a que es difícil demostrar las ventajas de una nueva bacteria respecto a otra anterior, de manera visual a técnicos y productores.
  - Aproximadamente un 30% de estas tecnologías se desarrollan en el país y un 70% provienen de desarrollos realizados en el exterior. No obstante la tecnología de aplicación se desarrolla totalmente en el país (sistemas de aplicación y productos que sirven de vehículos a las bacterias).

#### b. Barreras a la Adopción de Fijadores Biológicos y Promotores de Crecimiento

El costo de esta tecnología no es una barrera, ya que es accesible y con una alta relación costo beneficio. No obstante, hay otros impedimentos en la extensión de su adopción:

- Técnicas:
  - Baja credibilidad y visibilidad de los resultados: Al no ser tan visible los efectos, hay un descreimiento del productor en este tipo de tecnologías novedosas, especialmente promotores de crecimiento y Fijadores Libres.
  - Desconocimiento de los técnicos, especialmente en el campo de Fijadores libres de N y promotores de crecimiento. Además no hay uniformidad de criterios entre los técnicos respecto a estas tecnologías.
  - Baja difusión de los beneficios. Esto es una responsabilidad conjunta de la industria, INTA y Universidades en una poca eficaz difusión de la información existente al respecto.
- Culturales o de Comportamiento:
  - Hace aproximadamente diez años, hubo una difusión de este tipo de productos que no funcionaron, especialmente promotores de crecimiento y fijadores libres y esto generó descreimiento. Eran productos que equivocadamente se intentaron vender como reemplazante del fertilizante y esto dificulta volver a introducirlos.
- Operativas :
  - El tratamiento de la semilla es una barrera, ya que el productor busca agilizar la siembra y evita toda operación que insuma tiempo. La industria es consciente de esto y está desarrollando productos de larga vida para que puedan ser aplicados previamente por los productores o los semilleros y sus distribuidores.

- Comerciales:
  - La corta vida de estos productos, en especial fijadores libres tales como Azospirillum, atenta contra el almacenaje. Esto desalienta a los distribuidores locales, que no quieren tomar el riesgo de “stockearse”, a ofrecer estos productos.
- Marco regulatorio en Controles de Calidad:
  - Al no haber un organismo oficial de control de calidad de estos productos, no es fácil diferenciar entre productos de alta y baja calidad, lo cual puede atentar contra la adopción de estas tecnologías.

Actores involucrados:

- Subsistema Agro Industrial: Distribuidores y Vendedores son clave ya que deben conocer como se instrumenta esta tecnología y deben contar con adecuadas instalaciones para el almacenaje.
- Subsistema agroindustrial: Un actor nuevo son los Aplicadores de Inoculante en Semilleros o en Distribuidores de Semilla (Actor nuevo). Los Semilleros pasarían a ser también un actor en esta tecnología en función de su grado de adhesión.
- Subsistema Científico Técnico: Repartido entre las Universidades e INTA y también la industria con desarrollo propio o en conjunto con INTA y Universidades
- Sistema Productivo : Asesores técnicos – Productores e Industria
- Subsistema Política Agropecuaria y Marco Legal, Ministerio de Agricultura, Congreso de la Nación y SENASA

#### **11.2.4. Barreras a la implementación de la Consociación de especies Leguminosas Megatérmicas en Gramíneas tropicales**

Si bien la adopción de esta tecnología es sencilla y ahorraría el uso de fertilizantes nitrogenados en pasturas implantadas para producción ganadera en el norte del país, todavía no se ha instalado en Argentina por algunas razones que se enumeran a continuación. En Paraguay hay experiencia en este tipo de tecnología con éxito en su adopción.

- Productivas:
  - Todavía no se identifica en forma masiva una clara falta de N en pasturas de gramíneas megatérmicas. Aunque ya empieza a verse síntomas en algunos sistemas de producción.
- Técnicas y de Difusión de conocimiento:
  - A pesar de que INTA tiene información al respecto, hay poco conocimiento por parte de los técnicos y productores respecto a los beneficios de la consociación con Leguminosas como fijadores de N y proveedores de este nutrientes al suelo para las gramíneas consociadas.
- Culturales:
  - La ganadería en el norte se desarrolla en gran medida en forma extensiva sobre pastizales naturales, o sobre praderas megatérmicas basadas en una sola especie (Gatton Panic o Bracchiaria, por ejemplo).

- Mercado:
  - Disponibilidad de Semilla: No hay gran disponibilidad de Semilla de leguminosas megatérmicas por bajo interés de los semilleros.
  - Bacterias Fijadoras simbióticas: Si bien el Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMyZA) de INTA Castelar cultiva cepas de bacterias para inocular leguminosas megatérmicas, los productores no la adoptan por desconocimiento. Por otro lado, la industria aun no tomado interés sobre este tipo de inoculantes.

Actores involucrados:

- Subsistema Agro-Industria: Semilleros y distribuidores de semilla.
- Subsistema científico técnico: INTA y Universidades.
- Subsistema Productivo: Asesores técnicos, Productores en general, AACREA, AAPRESID

#### **11.2.5. Barreras a la Partición de Dosis (aplicación dividida) e incorporación del Fertilizante al suelo**

- Técnicas: la partición de la dosis no tiene barreras, pero la incorporación de urea al suelo posterior a la siembra no puede llevarse a la practica en cereales de invierno por el espacio entre hileras reducido. No hay impedimentos para realizarlo en presiembra o en cultivos de verano (Maíz, Sorgo o Girasol)
- Económica:
  - Aplicar el N en forma dividida, puede resultar un costo extra, al implicar una labor más, pero normalmente el beneficio es conocido por el productor, en cuanto a lograr una nutrición más balanceada, pero no es conocido el efecto volatilización que sucede cuando esto no se realiza, especialmente en cultivos de verano.

#### **11.2.6. Barreras a la adopción de Fertilización Variable y Manejo Sitio Específico**

Esta práctica en sí misma no significa un costo importante, pero existen muchas causas por las que su difusión es lenta

- Técnicas y de Capacidades instaladas:
  - Es un campo nuevo en la agronomía no hay mucha información generada a nivel local, aunque hay mayor interés en otros países.
  - No hay uniformidad de criterios en la definición de ambientes productivos.
  - No hay un protocolo común para adoptar esta tecnología ya que la variabilidad y las limitantes productivas varían entre zonas y requieren estrategias distintas a la hora de definir ambientes y asignar dosis de N
  - Falta de capacitación en la gran mayoría de técnicos que pueden llevar esta tecnología a los productores.
- Culturales:
  - En general, el productor mediano y pequeño siente interés, pero no está dispuesto a invertir en capacitación ni en mapeos de ambientes
  - En general, son las empresas grandes las que capacitan a su cuerpo técnico y están empezando a adoptar criterio de manejo sitio específico.

- En la década del 90' hubo vendedores de servicio que impulsaron esta tecnología con muy bajo conocimiento de sus limitaciones, generando expectativas muy altas, que no se cumplieron. Esto genera desconfianza en muchos técnicos y productores.
- Económicas:
  - Se debe contratar maquinaria especializada y dejando ociosa la maquinaria propia.
  - Si no se terceriza la aplicación variable, para el productor es costoso invertir en instrumentos que permiten la aplicación variable georreferenciada.
  - No hay una clara conveniencia económica, ya que los efectos son variables por "efecto año".
- Institucionales/ educativas
  - No hay instancias para la capacitación de profesionales con experiencia laboral
  - Hay una muy baja formación en estudiantes de grado de ciencias agrarias, respecto del uso de sistemas de información geográficos, sistemas de mapeo con GPS, uso de sensores remotos, geoestadística y aplicación de modelos de simulación agronómicos para cuantificar el impacto de escenarios y la variabilidad espacial
- Mercado:
  - Pocos proveedores capacitados que provean servicios en delimitación de ambientes y descripción de suelos.

Actores involucrados:

- Subsistema Agro-Industria: Industria de Maquinaria Agrícola, Laboratorios, contratistas de maquinaria, proveedores de fertilizantes.
- Subsistema científico técnico: INTA y Universidades.
- Subsistema Productivo: Asesores técnicos, Productores en general, AACREA, AAPRESID

#### **11.2.7. Barreras a la incorporación de Gramíneas en la Rotación Agrícola**

La incorporación de gramíneas en la rotación fue explicada anteriormente y su importancia desde el punto de vista del balance de Carbono, la conservación del suelo, reposición de nutrientes y la diversificación del riesgo agrícola, tanto a nivel zonal como del productor individual.

No obstante, hay barreras que hoy impiden su incorporación. Los últimos años se ha incrementado el área con oleaginosas en detrimento del área implantada con cereales. En la campaña 2000/2001 el área cosechada de oleaginosas (Soja, Girasol, Poroto y cártamo) fue de un 53% del área total con 12.8 millones de hectáreas y el área con cereales (Trigo, Cebada, Avena, Centeno, Maíz y Sorgo) fue de un 43%, con 10.5 millones de hectáreas. En la campaña 2010/2011, esta proporción pasó a 21.5 millones de hectáreas para Oleaginosas (65% del área total) y 10.3 millones de hectáreas para cereales (31% del área total).

- Mercados y política agropecuaria:
  - Tanto en Trigo como en Maíz los mercados están sometidos a un control de las exportaciones, quitando transparencia al precio. Esto ha dado lugar a una disminución del área de ambos cultivos.



- Ambos cereales han sufrido cierres periódicos de las exportaciones y esto obliga al productor a almacenarlo por períodos relativamente largos y no programados. Esto último genera por un lado complicaciones financieras para el productor y daño de la mercadería en almacenaje por hongos e insectos, lo cual desalienta la inclusión de ambos cultivos en la rotación.
  - Las retenciones a estos cereales los hacen muy poco competitivos en las regiones que están alejadas de los puertos, volcándose al cultivo de oleaginosas. Los insumos que se utilizan, fertilizantes y agroquímicos fundamentalmente, son verdaderos commodities y su precio en u\$s es internacional y se ajusta a los precios que los productores reciben en otros países por su cereal. De este modo, en nuestro país los cereales quedan menos competitivos respecto a las oleaginosas por una menor rentabilidad sobre la inversión realizada y por la incertidumbre de poder vender lo producido.
  - Falta de estrategias que integren en una misma visión el funcionamiento de los sistemas agroecológicos de las distintas zonas del país y el desarrollo de sistemas agroeconómicos que contemplen la multiplicación de servicios a nivel local, conjuntamente con el desarrollo ganadero (bovino de carne y leche, porcino y aviar) integrado con la producción de grano (cebada, sorgo y maíz) y la instalación de industrias (molinería, frigoríficos, procesadoras de alimentos de todo tipo, etc).
- Económicas:
    - Mayor costo de flete por hectárea que las oleaginosas. Los cereales (trigo y maíz) se caracterizan por producir “muchos kilos” de un valor menor que la soja y el girasol, lo cual implica una incidencia del “flete” mayor en su costo de producción, respecto a las oleaginosas.
    - Requiere una inversión mayor que en el cultivo de soja, por necesidad de incluir fertilizantes nitrogenados. En el caso del maíz también por el uso de híbridos que significan un costo por hectárea mayor.
  - Infraestructura
    - Bajo impacto del ferrocarril como transporte de carga, lo cual genera un alto costo en fletes, que se realiza mayormente en camión.
    - La hidrovía todavía no está operativa en todo su potencial, lo cual es especialmente importante para las regiones que producen en el Norte del país y envían su producción al puerto de Rosario.

Actores involucrados:

- Subsistema Institucional: Ministerio de Agricultura, Ministerio de Economía, Ministerio de Obras Públicas.
- Subsistema Agro-Industria: Exportadores de cereal e Industria Molinera.

### **11.3. Barrera para la implementación de Tecnologías en Ganadería**

#### **11.3.1. Barreras generales a la adopción de tecnología de procesos**

(Estas barreras inhiben el aumento de la tasa de extracción y el aumento de productividad en general)

- Institucionales:
  - El análisis FODA generado por la Mesa Ganadera del PEAA detectó que la principal limitante de la cadena de la carne bovina es el marco institucional anti competitivo.

Esto incluye la formulación de normas que afectan la producción de manera no transparente e incierta.

- La falta de un marco institucional pro competitivo genera gran incertidumbre en el mediano y largo plazo, y por lo tanto desestimula la adopción de tecnologías con impacto en esos horizontes temporales.
  - Las condiciones macroeconómicas tradicionalmente fluctuantes en el país promueven la tenencia de animales como ahorro y no como factor de producción.
- Económicas:
    - El productor percibe que el resultado económico se encuentra relacionado a cuestiones comerciales y no a su propia eficiencia productiva.
    - La actividad cría no presenta economía de escala, por lo que se dificulta el ingreso de actores empresarios y permanecen una gran proporción de productores tradicionales.
    - La tenencia de animales como ahorro es un objetivo importante independientemente de sus resultados económicos.
  - Técnicas y de capacitación:
    - El productor no pondera como importantes algunas tecnologías de proceso.
    - El personal de campo es de muy baja capacitación, por lo que incluso cuando el propietario las conoce, estas tecnologías no son implementadas correctamente.
  - Infraestructura:
    - La actividad de cría (donde menos adopción tecnología hay) se realiza en regiones de muy bajo desarrollo relativo, con pocos y malos caminos, baja disponibilidad de luz eléctrica, y lejanía a las escuelas, hospitales y centros urbanos en general. Esto implica que las personas que viven y trabajan en el campo son de baja capacitación y la llegada de técnicos es menor.
  - Culturales:
    - En general, el productor es tradicional y poco afecto a realizar cambios en su planteo de manejo.
  - Actores involucrados:
    - Subsistema Institucional: Ministerio de Agricultura, Ministerio de Economía, SENASA.
    - Subsistema Productivo: Asesores técnicos, Productores en general, AACREA, AAPRESID, Programa Cambio Rural
    - Subsistema científico técnico: INTA, Universidades.

### **11.3.2. Barreras a la adopción de tecnología para aumentar el peso medio de faena**

- Institucionales:
  - Incertidumbre sobre la posibilidad de exportación y las condiciones generales de comercialización. El aumento del peso medio de faena involucra procesos productivos más largos que los actuales, y la producción de reses que son parcialmente destinadas a la exportación. La incertidumbre genera que solamente hace animales de alto peso de faena aquellos productores que no pueden terminar animales más livianos.
- Económico - financieras:

- La retención de los animales para lograr mayor peso final, requiere mantenerlo más tiempo y demanda mayores recursos forrajeros o tener menos animales. Es necesario generar esquemas de financiación de la cría que permitan el mantenimiento de los animales por más tiempo.
- Técnicas y de capacitación:
  - Una de las de cría intensiva de animales requiere la confección de silaje de buena calidad. El productor y el personal requiere capacitación en la confección de silajes de alta calidad y en su suministro.
  - El sistema de tipificación de reses no privilegia animales de mayor tamaño pero jóvenes.
- Culturales:
  - El consumidor de carne relaciona la ternera (principal atributo de calidad) con el tamaño de los cortes de carne. Esto va en detrimento de la faena de animales más grandes, y por lo tanto se paga menor por kg en un animal más pesado.

Actores involucrados:

- Subsistema Institucional: Ministerio de Agricultura, Ministerio de Economía, Ministerio de Obras Públicas, Direcciones de Educación Provinciales, SENASA.
- Subsistema científico técnico: INTA y Universidades.
- Subsistema Productivo: Asesores técnicos, Productores en general, AACREA, AAPRESID, Programa Cambio Rural, IPCVA

## 12. RECOMENDACIONES PARA ESTABLECER UN MARCO FACILITADOR

---

Habiendo analizado distintas tecnologías para la mitigación de emisiones en agricultura y ganadería y las barreras para su desarrollo y/o su adopción, se listan a continuación algunas recomendaciones que pueden ayudar a sortear dichas barreras.

### 12.1. Sistemas nacionales de innovación y fortalecimiento de capacidades humanas e institucionales

En este punto debe diferenciarse entre lo que es materia de Investigación, o generación de conocimiento, lo que es materia de Extensión Rural, o difusión de tecnologías para su adopción y lo que se refiere a Formación profesional de técnicos

#### a) Investigación:

Cuando se hizo referencia como “necesidad tecnológica” a la “Investigación en la determinación de los factores de emisión de óxido Nitroso en Argentina” se mencionó que para poder conocer las diferencias en emisiones de los sistemas productivos y naturales en distintas zonas del país es de suma importancia la determinación de “factores locales” de emisión. Si bien no se trata de una “Tecnología”, su impacto sobre el cálculo de las emisiones en agricultura fue mayor que la suma de la adopción de varias de ellas.

Un proyecto de investigación de este tipo requiere replicar sitios a lo largo del país, por un periodo de tiempo no menor a tres años, la adquisición de equipamiento costoso y el trabajo coordinado con una metodología común. Un instrumento de política facilitador sería el fortalecimiento de instituciones, educativas- científicas- técnicas y el desarrollo de una metodología y protocolo común para trabajar en red. También el fortalecimiento de capacidades humanas para llevar a cabo estos estudios.

#### b) Extensión rural:

En este aspecto aparecen involucradas las tecnologías de procesos que requieren previamente la concientización acerca de un problema para la adopción responsable de una tecnología. La toma de conciencia de los beneficios de una buena práctica es requisito para su adopción, tanto en la producción agrícola como en ganadería.

Tecnologías tales como la aplicación dividida, la incorporación del fertilizante al suelo en agricultura y el estacionamiento del servicio en ganadería, son tecnologías de muy bajo costo, pero requieren de ser adoptadas de manera constante y masiva para poder lograr resultados significativos.

Por ejemplo, en el caso de la volatilización de la urea, es importante conocer los niveles de pérdidas que pueden suceder y conocer cómo evitarlos. En este sentido, la labor educativa de la extensión realizada por INTA y algunas ONGs son de fundamental importancia para poder llegar a todas las regiones del país con este tipo de técnicas de bajo costo de adopción. INTA ha tenido programas exitosos en este sentido, como el ProPeCo (Programa de Pérdidas de Cosecha), con el cual logro concientizar acerca de las pérdidas de grano por mala regulación de las cosechadoras, llevándolo a nivel muy bajos en la actualidad. Un programa similar podría dar lugar a un conocimiento extendido de la magnitud de pérdidas por volatilización y las

variables que intervienen en su dinámica, para prevenirlas mediante tecnologías que las minimicen, logrando un beneficio económico y ambiental.

También se mencionaron los Fijadores Biológicos de N y factores de Crecimiento en cereales (trigo y maíz) con niveles de éxito medidos por varios autores. Sin embargo, su adopción es muy lenta por desconocimiento de sus beneficios, al igual que la baja adopción de la consociación con leguminosas megatérmicas en praderas implantadas en el norte del país.

### c) **Formación profesional**

En este estudio se ha hecho referencia a la adopción de tecnologías que requieren de un conocimiento técnico por parte de los profesionales que trabajan en el medio rural. En este sentido, hay nuevas herramientas y conceptos que deberían estar incluidas en las carreras de grado. Estos nuevos contenidos en la formación de técnicos e ingenieros agrónomos, tales como uso de Sistemas de información geográficos, modelos matemáticos de simulación de cultivo, sensores remotos, geoestadística, son relevantes a la hora de mapear diferencias de suelo y topográficas a escala detallada, para incorporar tecnologías como la fertilización variable, o de manejo sitio específico en sentido más amplio.

### **12.2. Marco legal y de política macroeconómica**

En este estudio se señalaron algunas tecnologías que requieren de la implementación de marco regulatorio adecuado para lograr un mayor desarrollo y/o mejorar sus adopción.

En referencia a los **fijadores biológicos** de N, la industria reconoce que la falta de un marco legal que, de alguna manera, proteja la *propiedad intelectual* de estas innovaciones, desestimula la inversión privada en este campo.

Asimismo, la falta de un estándar y ente oficial de control de calidad de estos productos (fijadores y factores de crecimiento), atenta contra la extensión de la adopción de fijadores biológicos, ya que es muy difícil para los productores diferenciar en el mercado los productos de buena calidad de los de mala calidad.

En materia de **rotaciones agrícolas**, se menciona la importancia de contar con una política agropecuaria de largo plazo que contemple:

- *Obras de infraestructura* para el transporte de productos (red vial rural moderna y ramales de ferrocarriles). Esto impacta directamente sobre el costo de los fletes y la posibilidad de hacer rentable la inclusión de cereales en la rotación.

- *Estímulos impositivos* para la implementación de rotaciones equilibradas con participación de cereales (gramíneas). Esto no sólo confiere mayor sustentabilidad a los planteos agrícolas de las distintas zonas, sino que también permite mantener diversificadas las actividades agrícolas en todas las regiones del país.

En **materia educativa**, es fundamental modernizar el sistema de educación de escuelas rurales. En este sentido, las obras de infraestructura también tienen una importancia clave en el medio rural. Una red vial rural moderna es el eje para el reemplazo de las tradicionales escuelas de campo, por centros educativos más importantes que concentren a la población cercana. Algunas Partidos de la Provincia de Buenos Aires están implementado este sistema.

El acceso a una educación de mayor nivel en el medio rural, puede tener múltiples alcances. Pero sin salir del ámbito de este estudio una mayor capacitación en la población rural, posibilita lograr una mayor tecnificación de las actividades, especialmente en lo que se refiere a tecnologías de "procesos", particularmente en ganadería. Además de mejorar las condiciones de vida locales y dar igualdad de oportunidades a la población rural y a la urbana, una población más educada allana el camino a la adopción de todo tipo de prácticas que hagan más sustentables los sistemas de producción agrícolas.

### 13. INTRODUCCIÓN PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO

---

Considerando la importancia del sector para el desarrollo económico del país y su potencial de reducción de emisiones, se plantea a continuación un posible plan de acción estructurado en torno a un objetivo central y líneas de acción que han sido planteadas en la ENT, que contribuirían a superar las barreras y necesidades identificadas para el sector.

A partir de cada línea de acción se sugiere una actividad concreta, posibles actores para realizarlas, tiempos estimados. En cuanto al presupuesto calculado para implementar las actividades, este se ha estimado en US\$ 816.000, en tanto que para el conjunto de acciones sugeridas para todos los sectores el presupuesto previsto es de aproximadamente US\$ 6.926.000.

Cabe destacar que el conjunto de medidas planteadas permitirían beneficiar directamente a productores locales, importadores y distribuidores de fertilizantes.

Asimismo, por potencial sinergia con las líneas de acción propuestas se presentan proyectos, planes y programas actualmente en curso o planificadas y una idea de proyecto que permitirá la difusión e implementación de tecnologías para el uso y manejo más eficiente del nitrógeno en las actividades agrícolas y ganaderas.

Se incluye además información sobre los principales actores de los diversos sectores que podrían intervenir y establecer sinergias para la implementación de acciones.

**TABLA 5.29. PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO PARA EL SECTOR AGRICOLA . OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL NITRÓGENO EN LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS-GANADERAS**

OBJETIVO .		Promover la implementación de tecnologías y prácticas más eficaces para optimizar el uso y manejo de nitrógeno en las actividades agrícolas y ganaderas				
NECESIDADES Y BARRERAS		LINEAS DE ACCIÓN IDENTIFICADAS EN LA ENT	ACTIVIDADES SUGERIDAS	POSIBLES ACTORES GUBERNAMENTALES	TIEMPO ESTIMADO	PRESUPUESTO ESTIMADO US\$
REGULATORIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de impulsar un mayor desarrollo y adopción de tecnologías y prácticas para optimizar el uso y manejo de nitrógeno en las actividades agrícolas y ganaderas a través de marcos regulatorios e instrumentos económicos adecuados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar el marco regulatorio actual e incorporar lineamientos para la aplicación de innovaciones tecnológicas y prácticas para optimizar del uso del nitrógeno en actividades agrícolas y ganaderas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesas de trabajo interinstitucionales para la definición de lineamientos políticos.</li> <li>Asistencia Técnica para la elaboración de una propuesta de marco regulatorio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MAGYP</li> <li>MINCyT</li> <li>SENASA</li> <li>SAyDS</li> <li>COFEMA</li> </ul>	1 año	24.000
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de estrategias que integren el funcionamiento de los sistemas agroecológicos de las distintas zonas del país con el desarrollo de sistemas agroeconómicos y mercados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar de políticas agrícolas que contemplen las diferentes dimensiones de la sustentabilidad teniendo en cuenta la diversidad de las regiones productivas del país.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo interinstitucional para la elaboración de lineamientos políticos de sustentabilidad en la agricultura y ganadería.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MAGYP</li> <li>SAyDS</li> <li>COFEMA</li> <li>MECON</li> </ul>	1 año	4.000



ECONÓMICAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesidad de impulsar mediante instrumentos económicos el desarrollo y adopción de tecnologías y prácticas que permitan la mitigación de emisiones en agricultura y ganadería.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un esquema de incentivos para acelerar la adopción de tecnologías y prácticas para la reducción de emisiones en el sector.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesas de trabajo interinstitucional para la definición de lineamientos .</li> <li>• Asistencia técnica para el desarrollo de instrumentos adecuados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MAGYP</li> <li>• SAyDS</li> <li>• COFEMA</li> <li>• MECON</li> <li>• SENASA</li> </ul>	1 año	24.000
DIFUSIÓN CAPACITACIÓN ARTICULACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja difusión y capacitación sobre los beneficios del uso de tecnologías y prácticas para la optimización del uso del nitrógeno.</li> <li>• Necesidad de fortalecer instituciones vinculadas al tema, en materia de investigación y extensión rural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concientizar sobre beneficios del uso y manejo de nitrógeno en las actividades agrícolas y ganaderas para promover la adopción responsable, constante y masiva de tecnologías para el logro de resultados significativos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asistencia técnica para la elaboración e implementación de un Programa de capacitación y difusión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MAGyP</li> </ul>	1 año	480.000

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Incluir en las carreras de grado contenidos relativos a nuevas tecnologías y herramientas para el uso y manejo eficaz del nitrógeno, incluyendo entre otros temas: sistemas de información geográficos, modelos matemáticos de simulación de cultivo, sensores remotos, geoestadística.</li> <li>Modernizar el sistema de educación de escuelas rurales, incluyendo obras de infraestructura y contenidos que posibiliten lograr una mayor tecnificación de las actividades, especialmente en tecnologías de “procesos” y particularmente en ganadería.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer mesas de trabajo interinstitucional para la definición de nuevos contenidos educativos que faciliten las innovaciones tecnológicas y prácticas en el sector agrícola y ganadero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Educación</li> <li>Consejo Federal de Educación</li> <li>MAGyP</li> <li>INTA</li> <li>MINCyT</li> </ul>	1 año	10.000
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Fortalecer instituciones, educativas-científicas- técnicas promoviendo el desarrollo de una metodología y protocolo común para trabajar en red.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conformar mesas de trabajo interinstitucional para establecer y articular líneas de acción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Educación</li> <li>Consejo Federal de Educación</li> <li>MAGyP</li> </ul>	1 año	10.000
TECNOLÓGICAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de fortalecer la producción de datos incluyendo factores de emisión regionales de óxido nitroso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planificar, coordinar y financiar el estudio de factores de emisión para las distintas combinaciones de clima, suelo y tipo de cultivo del país.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia Técnica para la determinación de Factores de Emisión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MAGyP</li> <li>SAyDS</li> <li>MINCyT</li> </ul>	2 años	240.000
		<p>Establecer estándares de calidad de productos tales como fijadores y factores de crecimiento a fin de extender su uso sobre una base de mayor información sobre su calidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asistencia Técnica para el desarrollo de estándares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MAGyP</li> <li>SENASA</li> </ul>	6 meses	24.000

## OTRAS LÍNEAS DE ACCION

### PLANES, PROGRAMAS, PROYECTOS Y MEDIDAS PREVISTOS Y/O EN IMPLEMENTACIÓN

#### 1. Ministerio de Agricultura Ganadería, Ganadería y Pesca

- **Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal 2010-2016 (PEA2).**

Es el producto final de un proceso participativo que impulsado por el Estado que convoca a todos los actores del Sector Agroalimentario y Agroindustrial Argentino. Siguiendo una metodología predefinida y en ámbitos especialmente diseñados al efecto, se busca desarrollar una visión para el futuro agroalimentario y agroindustrial. El objetivo es impulsar la generación de riqueza económica con mayor valor agregado, en particular en origen, con crecimiento sustentable en el tiempo, equitativo en lo social y sostenible en lo ambiental. El PEA prevé para el año 2020, una producción de granos de 160 millones de toneladas en el escenario "alto" y de 130 millones de toneladas en el escenario "bajo", los cuales se concentrarían en la "zona núcleo" del país.

- **Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA). Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP).** Es un proyecto nacional cuyo objetivo principal es mejorar en cantidad, calidad, relevancia, cobertura y accesibilidad la información agropecuaria relevada y brindada por el MAGyP, y que posibilite a través del análisis de sus variables, el conocimiento del comportamiento del sector, para fortalecer la planificación de política agropecuaria y facilitar los procesos de toma de decisiones, tanto en el sector público como en el privado.

- **Sistema nacional de diagnóstico, planificación, seguimiento y prospección forrajera en sistemas ganaderos. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, AACREA, el INTA y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, y financiado por el IPCVA.** El objetivo general del proyecto es desarrollar e implementar un sistema para el diagnóstico, identificación de emergencias, planificación, seguimiento y prospección forrajera en sistemas ganaderos de Argentina a distintas escalas espaciales y temporales. Incluye la capacitación de equipos técnicos de las secretarías de ganadería nacionales y provinciales, extensionistas y asesores técnicos en la implementación de estrategias de diagnóstico, planificación y monitoreo forrajero de pastizales y pasturas en sistemas ganaderos.

#### 2) INTA

Programa Cambio Rural: es una herramienta diseñada para colaborar con los pequeños y medianos empresarios agropecuarios (PyMEs) en la búsqueda de alternativas que permitan incrementar sus ingresos, elevar su nivel de vida, generar nuevas fuentes de empleo, retomar el proceso de inversión y posicionarse mejor en los mercados. Se brinda asistencia técnica, capacitación, acceso a información para la toma de decisiones, organización y asociativismo, vinculación al crédito, entre otras actividades.

## IDEA DE PROYECTO DE LA ENT

El proyecto propuesto consiste en realizar un análisis del impacto de la Fertilización a Dosis Variable sobre las emisiones de GEIs para distintas zonas de la Argentina.

Este estudio sería de alcance nacional para los cultivos de secano de producción extensiva.

Su principal virtud reside en profundizar en el análisis de tecnologías que permitirían intensificar el uso de insumos agrícolas, en este caso fertilizantes, maximizando el beneficio económico y la sustentabilidad del sistema de producción.

Adicionalmente se espera determinar los actores involucrados y el grado de capacitación necesario para su adopción en las distintas zonas del país y detectar si es necesario incluir nuevos contenidos en la formación de técnicos e ingenieros agrónomos, tales como uso de Sistemas de información geográficos, modelos matemáticos de simulación de cultivo, sensores remotos, geoestadística, entre otros. (Ver Sección IV: Idea de Proyecto)

## ACTORES ESTRATÉGICOS Y POSIBLES SINERGIAS

**1) ACTORES DEL SECTOR GUBERNAMENTAL:** De acuerdo a antecedentes y líneas de acción existentes en el sector Gubernamental se identifican los siguientes actores para establecer posibles sinergias para el desarrollo de medidas planteadas.

- **Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca:** es el organismo gubernamental responsable de la determinación de los objetivos y las políticas del área y ejecutando los planes, programas y proyectos respectivos, conforme a las directivas del Poder Ejecutivo Nacional. Cuenta en su estructura con la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca que entre otros objetivos 1) elabora y ejecuta planes, programas y políticas de producción, comercialización, tecnología, calidad y sanidad en materia agropecuaria, pesquera, forestal, agroindustrial y agroenergética, coordinando y conciliando los intereses del Gobierno Nacional, las provincias y los diferentes subsectores y 2) promueve la utilización y conservación de los agroecosistemas y recursos naturales destinados a la producción agrícola, frutihortícola, ganadera, forestal y pesquera a fin de acrecentar el capital productivo del país y el desarrollo económico del sector, incluyendo la diferenciación y el valor agregado en origen.
- **Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación:** Coordina las políticas del gobierno nacional que tengan impacto en la política ambiental, estableciendo la planificación estratégica de políticas y programas ambientales del gobierno nacional.
- **INTA:** desarrolla acciones de investigación e innovación tecnológica en las cadenas de valor, regiones y territorios para mejorar la competitividad y el desarrollo rural sustentable del país. Sus esfuerzos se orientan a la innovación como motor del desarrollo e integra capacidades para fomentar la cooperación interinstitucional, generar conocimientos y tecnologías y ponerlos al servicio del sector a través de sus sistemas de extensión, información y comunicación. La institución tiene presencia en las cinco ecorregiones de la Argentina (Noroeste, Noreste, Cuyo, Pampeana y Patagonia), a través de una estructura que comprende: una sede central, 15 centros regionales, 5 centros de investigación, 50 estaciones experimentales, 16 institutos, más de 300 Unidades de Extensión.

- **El Consejo Federal Agropecuario (CFA)** es un organismo de asesoramiento y consulta del Poder Ejecutivo Nacional en todas aquellas cuestiones atinentes al sector agropecuario con impacto en las economías regionales o provinciales. Fue creado por la ley N° 23843. Constituye un foro natural de concertación de políticas que reúne a las más altas autoridades públicas, provinciales y nacionales, en materia agropecuaria, bajo la presidencia del señor Secretario de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación. Con un claro sentido de federalismo resulta el ámbito adecuado para la reflexión y el análisis de la problemática del sector agropecuario por parte de los representantes provinciales y de los funcionarios de la Nación, y donde se vuelca el esfuerzo de todos para solucionar los conflictos y generar políticas
- **SENASA** : tiene la responsabilidad de ejecutar las políticas nacionales en materia de sanidad y calidad animal y vegetal, verificando el cumplimiento de la normativa vigente en la materia. Entiende en la fiscalización de la calidad e inocuidad agroalimentaria, asegurando la aplicación del Código Alimentario Argentino para aquéllos productos del área de su competencia. Corresponde al Senasa el control del tráfico federal, importaciones y exportaciones de los productos, subproductos y derivados de origen animal y vegetal, productos agroalimentarios, fármaco-veterinarios, agroquímicos y fertilizantes. Planifica, organiza y ejecuta, asimismo, programas y planes específicos que reglamentan la producción, orientándola hacia la obtención de alimentos inocuos para el consumo humano y animal.
- **Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva:** su misión es orientar la ciencia, la tecnología y la innovación al fortalecimiento de un nuevo modelo productivo que genere mayor inclusión social y mejore la competitividad de la economía Argentina, bajo el paradigma del conocimiento como eje del desarrollo.
- **Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP):** es el instrumento de inversión pública del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Implementa, a nivel provincial y nacional, proyectos de inversión pública social y ambientalmente sustentables, incrementando la cobertura y la calidad de la infraestructura rural y de los servicios agroalimentarios. En el ámbito de la inversión privada, el PROSAP también financia iniciativas que impulsan la competitividad de los pequeños y medianos productores agropecuarios y de las MIPyMES (micro, pequeñas y medianas empresas) agroindustriales y de servicios de todo el país.
- **Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA):** es el organismo permanente para la concertación y elaboración de una política ambiental coordinada entre los miembros (Gobierno Federal, las Provincias adheridas y la Ciudad de Buenos Aires).

**2) ACTORES DEL SECTOR ACADÉMICO:** Universidades, Centros de investigación, Escuelas Rurales. Se destaca Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por su injerencia en el desarrollo de investigación aplicada en el área ciencias agrarias.

**3) ACTORES DEL SECTOR NO GUBERNAMENTAL: que nuclean productores, exportadores, comerciantes. A modo de ejemplo se citan dos de los más relevantes**

**Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA):** es una organización civil sin fines de lucro que nuclea a los grupos CREA. Está integrada y dirigida por productores agropecuarios que trabaja en grupo, y comparten experiencias y conocimientos para aumentar la rentabilidad y lograr el crecimiento económico sustentable de sus empresas. Procurando transferir su experiencia al medio colaborando, así, en el desarrollo del sector agroalimentario y del país.

**Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID):** es una Organización no Gubernamental sin fines de lucro. Integrada por una red de productores agropecuarios que, partir del interés en la conservación de su principal recurso, el suelo, adoptaron e impulsaron la difusión de un nuevo paradigma agrícola, basado en la Siembra Directa. Esta nueva agricultura, procura

aumentar la productividad sin los efectos negativos propios de los esquemas de labranzas.

**4) REPRESENTANTES DE TRABAJADORES:** sindicatos de los sectores agrícola-ganadero serán actores claves para asegurar los cambios estratégicos propuestos, fundamentalmente en lo referente a la concientización y capacitación.

**5) ACTORES DEL SECTOR PRIVADO:** Distribuidores y Vendedores son clave ya que deben conocer como se instrumentan las tecnologías propuestas y deben contar con adecuadas instalaciones para el almacenaje.

## 14. ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA FERTILIZACIÓN A DOSIS VARIABLE SOBRE LAS EMISIONES DE GEIS PARA DISTINTAS ZONAS DE LA ARGENTINA

### 14.1. Introducción

El Sistema de Fertilización de Dosis Variable, o manejo sitio específico de la fertilización, es una estrategia de aplicación algo más compleja que la manera tradicional de fertilizar un cultivo. Este sistema permite una localización más ajustada de las dosis de fertilizante de acuerdo a las necesidades del cultivo en ambientes con mayores o menores restricciones.

Su complejidad radica en que no se trata de aplicar un insumo a una dosis determinada, sino más bien de una estrategia de fertilización. Dicha estrategia puede tener objetivos diferentes, pero en términos generales está orientada a optimizar el uso de fertilizantes permitiendo aplicar mayores dosis en sitios de mayor potencial productivo y disminuir dosis en ambientes de menor potencial productivo. Es por esto que el escenario previo para su implementación requiere una “ambientación” del lote de producción, identificando las áreas de mayor y menor potencial productivo.

Esta tecnología, relativamente reciente, implica tecnificación y capacitación en el personal de campo y en los técnicos involucrados en la producción agrícola. La aplicación variable permite eficientizar el uso del N, con el objetivo de dejar en el suelo la menor cantidad de N residual del fertilizante al final del ciclo del cultivo, disminuyendo la probabilidad de emisiones directas e indirectas, por lixiviación y escurrimiento. Como se mencionó anteriormente la Aplicación Variable de N requiere el conocimiento del rinde máximo alcanzable en cada ambiente de producción y en esto reside su complejidad. El potencial productivo depende de los factores limitantes del sistema en cuestión y varía en función de la combinación de factores climáticos, tipo de suelo, genotipo utilizado, topografía, etc

El primer objetivo de implementación de este tipo de manejo sitio específico ha sido la maximización del beneficio económico. Sin embargo, una utilización más eficiente del fertilizante nitrogenado, tiene un beneficio ambiental complementario. El efecto beneficioso para el productor se complementa con una disminución del riesgo de pérdidas de N a la atmósfera (como  $\text{NH}_3$  o  $\text{N}_2\text{O}$ ) o hacia cuerpos de agua (como  $\text{NO}_3$ ). A su vez el balance de carbono es maximizado logrando rindes mayores promedio y por lo tanto un aporte mayor de residuos de cosecha.

La visualización y cuantificación de la variabilidad del rendimiento en grano en los lotes de producción es algo novedoso, y ha venido de la mano de la incorporación del GPS y del mapeo de rendimiento georreferenciado que se realiza al momento de la cosecha. Además de la variación del rendimiento, el GPS como tecnología ha permitido el mapeo de la topografía en alta resolución (escalas 1:2000 o mayores) y también el mapeo de limitantes tales como la profundidad efectiva del suelo, que en muchas zonas del país está determinada por capas de tosca (carbonato de calcio consolidado) o roca sólida.

Otros tipos de mapeo que empiezan a ser incorporados en la planificación son el mapa de profundidad de napa freática y los mapas topográficos de alta resolución para delinear ambientes de bajo y de loma.

Sin embargo, distintas zonas del país presentan limitantes diferentes tales como baja retención de agua por alto contenido de arena, pendiente, alcalinidad subsuperficial, etc.

Estas características zonales implican estrategias y resultados distintos a la hora de evaluar el efecto de esta tecnología sobre las emisiones de gases.

En el presente estudio se presentó un caso de análisis para el sudeste de la provincia de Buenos Aires y se mencionó en análisis de esta práctica para el Sur de Santa Fe.

No obstante, no hay aun información de otras zonas al respecto y menos aún analizada en forma consistente que permita comparar entre las distintas limitantes en distintas zonas del país.

#### **14.2. Objetivos**

- Analizar el efecto de la fertilización variable sobre las emisiones de GEI en zonas del país que presenten distintos tipos de limitantes en sus sistemas de producción.
- Detectar las barreras para la adopción de esta tecnología en las distintas regiones del país.
- Identificar las capacidades necesarias para poder esta tecnología rápidamente a técnicos y productores del país.

#### **14.3. Resultados Esperados**

- Conocer el grado de aplicabilidad de la fertilización variable en zonas del país con distintos tipos de limitantes para la producción agrícola.
- Cuantificar el impacto de esta tecnología de aplicación en términos ambientales y económicos en distintas zonas del país y para distintos cultivos.
- Determinar los actores involucrados y el grado de capacitación necesario para su adopción en las distintas zonas del país.
- Detectar si es necesario incluir nuevos contenidos en la formación de técnicos e ingenieros agrónomos, tales como uso de Sistemas de información geográficos, modelos matemáticos de simulación de cultivo, sensores remotos, geoestadística, etc.

#### **14.4. Alcances del Proyecto y Actividades**

Este estudio sería de alcance nacional para los cultivos de secano de producción extensiva.

Su principal virtud reside en profundizar en el análisis de tecnologías que permitirían intensificar el uso de insumos agrícolas, en este caso fertilizantes, maximizando el beneficio económico y la sustentabilidad del sistema de producción.



Las actividades potenciales podrían girar en torno a un número determinado de sitios experimentales en distintas zonas del país, donde se establecerá un diseño estadístico que permita poder comparar la aplicación uniforme con la aplicación variable a lo largo de no menos de 3 años.

Los resultados de cada sitio se analizarían individual y se compararían los beneficios productivos, económicos y ambientales entre zonas con distintas limitantes y potencial productivo.

Finalmente se analizará el grado de factibilidad de adopción de esta estrategia, listando las barreras para las distintas zonas analizadas y las soluciones posibles.

#### **14.5. Responsabilidades, coordinación e Instituciones involucradas**

Un actor principal debiera ser el Ministerio de Agricultura de la Nación a través del INTA, ya que se trata del análisis de tecnologías agropecuarias y no de ciencia básica. La ventaja del INTA es que está presente con estaciones experimentales y técnicos en distintas zonas del país.

La Secretaría de Ambiente de la Nación debería ser otro actor relevante involucrado en el evaluación de propuestas y de resultados y elaboración de Términos de Referencia, junto con el ministerio de Agricultura de la Nación.

El ministerio de Ciencia y Técnica podría actuar como coordinador del proyecto, a través de la evaluación de estados de avance, interacción con los técnicos del proyecto y administración de las partidas presupuestarias asignadas.

En cuanto a ONGs, un actor estratégico puede ser AACREA, que puede aportar una red de más de 200 técnicos y 2000 empresas agropecuarias con alto nivel de adopción de tecnología, en 18 zonas del país, para establecer los sitios experimentales. Además, AACREA tiene un proyecto de alcance nacional referido al Manejo de la Heterogeneidad Ambiental, cuya primera fase ya ha finalizado y tiene programado una segunda fase pendiente de financiación.

El perfil productivo del país, con un alto porcentaje de exportaciones agrícolas y de manufacturas de origen agropecuarias, hace que sea potencialmente vulnerable a los impactos del Cambio Climático. A ello se agrega la alta dependencia de la generación hídrica para la producción de electricidad<sup>137</sup>. Los estudios realizados en el marco de la 2da. Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de la República Argentina para caracterizar los impactos de la variabilidad del clima actual y de los cambios que podrían ocurrir en un horizonte de 10 a 40 años muestran los siguientes resultados:

En la mayor parte del territorio argentino y en muchas regiones vecinas de los países limítrofes hubo notables tendencias climáticas durante las últimas 3 o 4 décadas, muy probablemente relacionadas con el calentamiento global. Estos cambios del clima han generado importantes impactos que requieren de respuestas de adaptación.

En casi toda la Argentina hubo un aumento de las precipitaciones medias anuales con mayor incidencia en el noreste y en el centro del país, lo que por una parte facilitó la expansión de la frontera agrícola en la zona oeste periférica a la región húmeda tradicional y por otra llevó a anegamiento permanente o transitorio de gran cantidad de campos productivos.

Este incremento en las precipitaciones produjo también un aumento importante en los caudales de los ríos, excepto en aquellos que se originan en la Cordillera de los Andes. Esto trajo beneficios para la generación hidroeléctrica, pero también por la mayor frecuencia de inundaciones, impactos socioeconómicos negativos en los valles de los grandes ríos de las provincias del este del país. El aumento de la frecuencia de precipitaciones extremas en gran parte del este y centro del país ocasiono daños por inundaciones, vientos destructivos y granizo asociados a estos eventos.

La temperatura de la zona cordillerana de la Patagonia tuvo un aumento de más de un grado, con el consiguiente retroceso de casi todos los glaciares andinos. Hubo una disminución de los caudales de los ríos que se originan en la cordillera en las provincias de San Juan, Mendoza, Río Negro y Neuquén, probablemente ocasionado en la disminución de las precipitaciones niveles sobre la Cordillera de los Andes. En Río Negro y Neuquén, donde se genera una parte importante de la hidroelectricidad del país, esta disminución de los caudales de los ríos ha significado pérdidas de esa generación de hasta un 40 %.

No puede dejar de mencionarse que debido a los cambios climáticos tan significativos ya ocurridos en la Argentina, se ha desarrollado una importante adaptación autónoma, especialmente en el sector agropecuario. Se trata de la expansión de la frontera agropecuaria hacia el oeste y norte de la zona agrícola tradicional que reconoce causas comerciales y tecnológicas, pero que se posibilitó por el cambio climático ocurrido en esas zonas.

Si bien esta adaptación ha sido generalmente exitosa en términos económicos de corto plazo, está causando perjuicios ambientales que podrían tornarse catastróficos de acuerdo a las proyecciones del clima de las próximas décadas. Esta adaptación autónoma requiere de atención para encauzarla y minimizar sus impactos negativos.

---

<sup>137</sup> Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de la República Argentina.

De acuerdo a la información suministrada en la 2da Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático presentada en diciembre de 2007, las proyecciones del clima para este siglo resultan preocupantes porque el clima es uno de los más importantes activos físicos de la Argentina.

De acuerdo con los escenarios climáticos utilizados y proyectados para el periodo 2020/2040 por el Centro de Investigaciones del Mar y de la Atmósfera (CIMA) con un modelo climático de alta resolución y con resultados de varios modelos climáticos globales, el calentamiento global creará nuevas vulnerabilidades y aumentará la mayoría de las existentes.

De esta información, se aprecia que la precipitación en la zona cordillerana tiene una fuerte reducción. De importancia para los glaciares y el régimen de los ríos pluvionivales de la cordillera es la evolución de la altura de la isoterma de cero grado. La misma continuará ascendiendo de nivel en toda la región cordillerana desde 30° hasta el extremo sur del continente; en verano este ascenso para la década 2020/2030 sería del orden de 120 a 200 metros y en invierno sería mayor en Cuyo (150 m) que en la Patagonia (50 a 80 m). Ello implica que seguirán retrocediendo los glaciares y que los ríos continuarán cambiando su régimen anual, con disminución de los caudales en verano y aumento relativo de los mismos en invierno.

Los escenarios climáticos de todos los modelos están indicando un aumento de la temperatura que sería más pronunciado en el norte del país. Esto también resulta de los escenarios de alta resolución producidos por el CIMA. Según estos escenarios, el aumento de temperatura abarcará todo el territorio, pero será más intenso en el norte del país, con más de 1° C hacia el período 2020/2040. Ello agravaría las ya extremas condiciones de los veranos en esa región y aumentaría el estrés hídrico, particularmente en invierno cuando las precipitaciones son escasas. Los aumentos serían menores hacia el sur, pero en la Patagonia, sumados al calentamiento ya producido durante el siglo pasado, continuarían impulsando el retroceso generalizado de los glaciares.

En cuanto a la precipitación, se proyectan un aumento de la precipitación en el centro de Argentina. Sin embargo, las tendencias serían muy inferiores a las registradas en la segunda mitad del siglo pasado. Por otra parte, algunos modelos dan en esta región distintas tendencias, inclusive en algunos casos de signo negativo. Hay mayor incertidumbre en el oeste y norte de Argentina en cuanto al signo de las tendencias de la precipitación, aunque se podría esperar, de acuerdo con los resultados de todos los modelos, que los cambios no serían importantes en ningún sentido. En cambio, sobre Chile central, los Andes y el noroeste de la Patagonia en la zona cercana a la Cordillera, todos los modelos, al igual que el modelo de alta resolución del CIMA, indican que habrá una marcada reducción de la precipitación. Estos resultados son muy consistentes entre los diferentes modelos y con las tendencias actuales.

Estos proyecciones permiten estimar (aunque en algunos casos ya se están observando) nuevas vulnerabilidades o aumentos de las mismas en varias regiones y sectores socioeconómicos. Estas vulnerabilidades se pueden resumirse en:

- Estrés hídrico en el centro y norte del país, debido a las mayores temperaturas, aumentará considerablemente la evaporación y como no se proyectan grandes cambios en la precipitación, es probable que se vaya hacia una mayor aridez. Esto es de particular relevancia ante el actual avance de la frontera agropecuaria en el norte del país, con la consiguiente destrucción del monte y la pérdida de la cubierta vegetal del suelo que, en un clima más árido, conduciría a un proceso de desertificación.

- Olas de calor pueden producir impactos en la agricultura, generando estrés hídrico a causa de la mayor evaporación debida a las altas temperaturas. En las ciudades, a las olas de calor se suma el efecto del calentamiento urbano, ocasionando problemas en la salud de la población y un aumento en la demanda del consumo eléctrico para refrigeración. El aumento en las temperaturas que pronostican los modelos para escenarios futuros también se trasladará a las temperaturas extremas. Aunque las temperaturas mínimas crecerían el doble que las máximas, las olas de calor pueden ser mucho más frecuentes e intensas. Si bien las zonas que se verán más afectadas serán las ubicadas en el norte del país --donde se esperan los mayores incrementos en las temperaturas-- los grandes conglomerados urbanos del centro del país como Córdoba, Rosario, Mendoza y Buenos Aires también se verían afectados por más extremas olas de calor.
- Las respuestas hidrológicas con respecto a la variabilidad climática, las tendencias de la precipitación y de los caudales durante las últimas décadas y los escenarios del clima para el resto del siglo, crean dudas sobre disponibilidad de los recursos hídricos de la Cuenca del Plata con las magnitudes actuales durante las próximas décadas. Estos cambios en la hidrología de la Cuenca de Plata tendrían impactos considerables en la economía y la vida de la región. En particular, se vería reducida la generación de energía hidroeléctrica, no sólo a nivel nacional sino regional, con el agravante de que ésta es la principal fuente de electricidad de la región.
- La mayor frecuencia de precipitaciones extremas que están ocurriendo en la Argentina han sido observadas también en muchas otras regiones. Se estima que esta mayor frecuencia continuará en este siglo. Por lo tanto, no habiendo resultados en contrario, es de esperar que también en la Argentina se mantengan o intensifiquen las actuales frecuencias de grandes precipitaciones. Dado que las afectaciones de origen hídrico ya se encuentran vigentes, es posible reseñar los principales problemas emergentes de las mismas y las vulnerabilidades vinculadas a los mismos: el crecimiento y desarrollo de los centros urbanos han ocupado muy frecuentemente zonas bajas próximas a los cursos de agua, lo cual los hace más proclives a sufrir efectos de las precipitaciones intensas como los anegamientos por desbordes de los cursos de agua.
- Para Cuyo, los diferentes escenarios climáticos muestran bastante concordancia entre sí, indicando un descenso de las precipitaciones sobre la Cordillera de los Andes y la zona vecina de Chile para el resto del siglo. Estas tendencias decrecientes se vienen ya registrando desde comienzos del siglo pasado. La mayor demanda de riego se produce en el verano, por la mayor evaporación, pero también por el tipo de cultivos (frutales y viñedos) predominantes. El modelado de los ríos cuyanos, como función de la precipitación nival y la temperatura, indica que el hidrograma anual de estos ríos continuará modificándose con aumento del caudal relativo en invierno y primavera y disminución en el verano y otoño. El cambio del hidrograma anual se sumaría a la reducción de los caudales agravando los efectos potenciales del cambio climático global en los oasis de riego.
- En el caso de los valles del Comahue, los caudales de los ríos seguirían decreciendo con la consiguiente reducción de una fracción importante de la generación hidroeléctrica del país. No se esperan reducciones de los caudales en los ríos más australes. Este panorama es muy favorable, pues debido a su extrema aridez, el agua en la Patagonia

es un factor condicionante del desarrollo que sólo se puede dar a partir de los ríos que nacen en la Cordillera de los Andes.

- Las costas marítimas de la Argentina son sede de importantes labores industriales y comerciales, portuarias, de extracción de hidrocarburos y de una muy significativa actividad turística y de recreación. El Cambio Climático podría afectar el litoral marítimo argentino con el aumento de la temperatura del océano, cambios en la circulación de las corrientes marinas y el ascenso del nivel medio del mar. En varias ciudades costeras de la Provincia de Buenos Aires, la vulnerabilidad a la erosión costera se está potenciando por el avance urbano sobre la costa, muchas veces por desconocimiento de la dinámica natural, lo que favorece el aumento de dicha degradación.
- Los estudios realizados para la 2da. Comunicación Nacional indican que el impacto potencial del cambio climático sobre los rendimientos de los cultivos de trigo, maíz y soja sería levemente perjudicial en la mayor parte de la región. En general, habría un equilibrio con mayor producción de granos en el sur y pérdidas en el norte.
- El cambio climático ya está extendiendo sobre la Argentina la distribución geográfica de vectores de enfermedades tropicales infecciosas. Tal es el caso del dengue, que incluso ha causado algunos casos de enfermedad en el norte del país y del caracol que propaga la esquistosomiasis en el río Paraná.



### **1. Arreglos y Fortalecimiento institucional:**

- Fortalecer la estructura y capacidad institucional del estado para hacer frente al cambio climático.
- Promover la articulación intra e interinstitucional para el abordaje integrado de la problemática.
- Insertar el tema del cambio climático en los proyectos, programas y acciones que impliquen la emisión de gas efecto invernadero y/o aquellos plausibles de ser afectadas por el clima a nivel nacional, regional y sectorial.
- Promover la realización de reuniones del Comité Gubernamental sobre Cambio Climático con la presencia de las máximas autoridades de cada organismo.
- Integrar y unificar criterios relativos a la problemática del cambio climático, en las políticas sectoriales, a nivel nacional, provincial y municipal.
  - Promover la integración de criterios relativos a la problemática del cambio climático, en el sector privado, académico, en las organizaciones no gubernamentales, las organizaciones de trabajadores y la sociedad en su conjunto.

### **2. Generación de recursos:**

- Impulsar el desarrollo de instrumentos fiscales, financieros, económicos y legales que faciliten la implementación de los objetivos planteados.

### **3. Difusión y capacitación:**

- Fomentar el desarrollo de capacidades y la participación en el diseño y la implementación de acciones de adaptación y mitigación ante el cambio climático.
- Realizar actividades de difusión y capacitación con respecto a los impactos del cambio climático y posibilidades de adaptación frente a los mismos.
- Realizar actividades de difusión y capacitación con respecto a los impactos de diferentes estilos de vida sobre las emisiones de gases efecto invernadero y la posibilidad de limitarlas a partir de acciones individuales de mitigación.
- Realizar actividades de difusión y capacitación con los sectores productivos a fin de limitar el crecimiento en las emisiones de gases efecto invernadero.
- Propiciar la incorporación y el desarrollo de la temática del cambio climático en los diseños curriculares institucionales de la educación ambiental formal en sus tres niveles.

### **4. Marco regulatorio:**

---

<sup>138</sup> Extraído de [www.ambiente.gob.ar](http://www.ambiente.gob.ar). Estructura de la Estrategia nacional en cambio climático. Dirección de Cambio Climático, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

- Identificar aspectos del marco jurídico vigente y presentar propuestas al Poder Legislativo Nacional, con el fin de hacer frente al cambio climático, asegurando la concordancia de dichas propuestas con las políticas nacionales y los compromisos internacionales adquiridos.

### **ACCIONES ESPECÍFICAS PARA CADA EJE DE ACCIÓN**

#### ***Eje de acción 1: Incorporar consideraciones de gestión integral del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático a los procesos de planificación territorial.***

1. Identificar amenazas, vulnerabilidades y análisis de riesgos. Promover el análisis de riesgos, que comprende la identificación de amenazas, la caracterización de agentes productores de eventos adversos, la caracterización de la población vulnerable y el área geográfica de impacto.
2. Desarrollar políticas públicas que aborden los riesgos de desastres y adaptación al cambio climático.
3. Considerar los movimientos poblacionales vinculados a los impactos del CC en la planificación territorial.
4. Fomentar la participación de los afectados por el cambio climático, la variabilidad climática y los desastres en la planificación territorial.
5. Desarrollar y mejorar de sistemas de alerta temprana y planes de contingencia para facilitar el manejo operativo de eventos adversos.
6. Desarrollar y adaptar planes de infraestructura, planes de adaptación basados en restauración de ecosistemas y políticas públicas para reducir la vulnerabilidad.
7. Generar cartografía de ordenamiento territorial con identificación de áreas vulnerables a los impactos del cambio climático y la variabilidad climática.
8. Revisar y actualizar los reglamentos de construcción, caminos, infraestructura a fin de mejorar la capacidad de respuesta frente a los efectos del CC.

#### ***Eje de acción 2: Fortalecer los sistemas agropecuario y forestal y la seguridad alimentaria, disminuyendo la vulnerabilidad al cambio climático.***

1. Promover la diversificación e integración de producciones agropecuarias y forestales, considerando las condiciones climáticas proyectadas.
2. Considerar los impactos del cambio climático teniendo en cuenta los diferentes niveles de vulnerabilidad en las escalas de producción.
3. Promover el desarrollo e implementación de sistemas de alerta temprana, servicios de información climática, pronósticos estacionales y seguros agrícolas.
4. Generar escenarios de impactos de cambio climático y de variabilidad climática, incluyendo aquellos de eventos extremos en zonas agropecuarias.
5. Fortalecer el sistema técnico-científico y de extensión a fin de promover la identificación y desarrollo de especies y variedades resistentes a las condiciones climáticas y edáficas proyectadas.
6. Promover el desarrollo y uso de tecnologías y prácticas con el objeto de hacer más eficiente el uso de los recursos naturales, especialmente del agua y del suelo.
7. Determinar la calidad y disponibilidad de agua superficial y subterránea para el sistema agropecuario-forestal en las zonas de mayor riesgo a los efectos del cambio climático.
8. Identificar y monitorear las especies invasoras que pudieran ser favorecidas por los efectos del cambio climático y prever la implementación de mecanismos de control.

#### ***Eje de acción 3: Fortalecer los procesos de gestión de la salud frente al cambio climático.***

1. Mejorar el sistema de salud frente al cambio climático.

2. Evaluar los impactos directos (Ej.: golpes de calor) e indirectos (Ej.: redistribución de vectores de enfermedades) del cambio climático en la salud humana.
3. Estimar distribución futura de transmisión de enfermedades en diferentes escenarios climáticos.
4. Estudiar las interrelaciones entre los movimientos poblacionales asociados a la actividad turística y la salud.
5. Fortalecer los sistemas de monitoreo vinculados a impactos del cambio climático sobre la salud.
6. Priorizar en el tratamiento de la emergencia frente a eventos extremos del cambio climático las cuestiones sanitarias.
7. Analizar el impacto del cambio climático sobre las ramas de actividad productiva y de servicios con relación a la salud laboral.

***Eje de acción 4: Fortalecer la gestión de los recursos naturales bajo los escenarios de cambio climático y variabilidad climática.***

1. Evaluar la vulnerabilidad ecosistémica al cambio climático y establecer medidas para mejorar las capacidades de adaptación.
2. Evaluar el efecto del cambio climático sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas especialmente vulnerables al cambio climático.
3. Fomentar la restauración de ecosistemas degradados, especialmente aquellos que revisten de mayor relevancia para la adaptación y la mitigación del Cambio Climático.
4. Considerar el cambio climático para la identificación de sitios prioritarios para la conservación considerando los impactos y la resiliencia de los ecosistemas.
5. Promover la conservación de ecosistemas y especies particularmente vulnerables y de las funciones ecosistémicas como soporte de los servicios ecosistémicos estratégicos.
6. Determinar la calidad y disponibilidad de agua superficial y subterránea para diferentes usos en las zonas de mayor riesgo a los efectos del cambio climático.
7. Planificar medidas de adaptación al CC en la gestión del recurso hídrico.
8. Analizar el rol de los ecosistemas en la adaptación a los impactos del cambio climático.
9. Fomentar el mantenimiento y fortalecimiento de los procesos naturales y la conectividad a escala de paisaje a través de la implementación de estrategias de corredores de conservación.
10. Proteger y preservar especies nativas en riesgo ante los efectos del cambio climático.
11. Fomentar la conservación de los recursos pesqueros vulnerables a los efectos del cambio climático.
12. Evaluar los impactos de la actividad turística sobre los recursos naturales, preservando los ecosistemas sensibles.
13. Considerar la aplicación de sistemas de certificación voluntarios de gestión sostenible.
14. Fortalecer las capacidades de gestión y planificación de áreas protegidas, considerando las nuevas condiciones climáticas.
15. Fortalecer la gestión integrada de cuencas hidrográficas considerando el cambio climático y la variabilidad climática.
16. Establecer medidas para mejorar las capacidades de adaptación en las áreas protegidas.
17. Identificar y monitorear las especies y variedades sensibles a los impactos del cambio climático, que pudieran afectar a los sistemas agropecuarios y forestales.

***Eje de acción 5: Fortalecer los sistemas de monitoreo, medición y modelado de variables ambientales (especialmente hidrológicas y meteorológicas) y variables socioeconómicas.***

1. Establecer un sistema de monitoreo de la evolución del agua superficial y subsuperficial, incluyendo cantidad, calidad y disponibilidad para diferentes usos.



2. Optimizar la red de medición meteorológica e hidrológica.
3. Fortalecer la red de radares para aplicaciones meteorológicas. Promover calibración y validación de la información proporcionada.
4. Fortalecer sistemas de alerta temprana existentes y crear los que se consideren necesarios.
5. Releva la red de canales rurales a fin de ordenar el escurrimiento regional.
6. Generar una base de datos nacional de acceso público, que integre las redes de observación meteorológica e hidrológica locales, regionales y nacionales y los diferentes sistemas de medición de variables. Promover acciones para lograr su consistencia y homogeneización.
7. Establecer sistemas de monitoreo y determinar impactos del cambio climático a través de especies indicadoras.
8. Promover y desarrollar la capacidad instalada para el análisis, monitoreo y reporte sobre el estado de la cobertura vegetal y otras dimensiones mediante imágenes de satélite.
9. Generar indicadores para ramas/actividades laborales que permitan monitorear los impactos directos e indirectos del cambio climático sobre el empleo.
10. Promover y fortalecer metodologías de detección, monitoreo y medición de GEIs ya sea por métodos directos, como a través de sensores remotos (metodologías satelitales de detección).
11. Desarrollar y fortalecer los indicadores del cambio climático sobre la biodiversidad.
12. Desarrollar una metodología de cálculo de emisiones de GEIs a nivel nacional para los diferentes sectores productivos.
13. Generar valorizaciones económicas de los impactos del Cambio Climático y de las medidas de adaptación y mitigación.
14. Fortalecer la capacidad instalada del análisis, monitoreo y reporte sobre el estado del clima.
15. Promover la investigación y el desarrollo en la temática vinculada al modelado climático.

***Eje de acción 6: Incorporar consideraciones de adaptación al cambio climático en los sistemas productivos, incluyendo la planificación de la infraestructura.***

1. Desarrollar una planificación de ubicación y expansión urbana y de infraestructuras, y medidas de gestión integral del riesgo, incluyendo comunicación y trazados energéticos.
2. Realizar estudios para identificar vulnerabilidades en los sectores productivos y de servicios en relación con obstáculos técnicos al comercio vinculados al cambio climático y desarrollar programas para la adaptación de dichos sectores.
3. Planificar acciones destinadas a minimizar los impactos del cambio climático sobre la producción y el empleo.
4. Diseñar e implementar políticas públicas y realizar obras de infraestructura para hacer más eficiente el recurso hídrico y para disponer de agua en zonas áridas y semi-áridas.
5. Revisar códigos de edificación y reglamentos de construcción, caminos, infraestructura, etc.
6. Incorporar el CC en la gestión del turismo.
7. Evaluar, la adaptación necesaria de la infraestructura industrial.
8. Incluir el cambio climático en las decisiones de localización, operación, el diseño de los productos, la sustentabilidad de las cadenas de valor y la comercialización de las actividades industriales.

***Eje de acción 7: Promover la producción y el uso racional y eficiente de la energía.***

1. Promover el desarrollo de programas de eficiencia energética en el sector industrial a fin de aumentar la competitividad del sector.
2. Desarrollar e implementar proyectos de generación distribuida de electricidad.
3. Ampliar la implementación de programas de eficiencia energética desde la demanda como por ejemplo etiquetados y estándares de eficiencia energética mínima.

4. Proponer acciones de eficiencia energética tales como: el incremento en la eficiencia de las centrales térmicas existentes.
5. Fomentar la co-generación en los sectores industrial, comercial y público.
6. Expandir la promoción de la eficiencia energética en el diseño, construcción y refacción de inmuebles en general, incorporando el concepto de arquitectura bioclimática, entre otros.
7. Promover el uso racional y eficiente de la energía en el sector del turismo.
8. Promover es desarrollo de empresas proveedoras de servicios energéticos y promotoras de aplicación de tecnologías eficientes (ESCOS).

***Eje de acción 8: Promocionar y expandir la incorporación de fuentes de energía limpia en la matriz energética de manera que sean técnica, económica, ambiental y socialmente viables.***

1. Incrementar la implementación de medidas de promoción de las energías limpias que incluyan a todos los aspectos de la cadena de investigación, desarrollo, demostración, difusión y comercialización.
2. Intensificar la promoción, investigación y desarrollo de energías limpias, incluyendo, hidrógeno, hidráulica, geotérmica, solar, eólica, nuclear, mareomotriz, undimotriz, de corrientes marinas, etc.
3. Promover la utilización de desechos industriales, agropecuarios, forestales y domésticos como insumo energético, asegurando la correcta gestión integral de los mismos.
4. Incentivar el uso de biogás con fines energéticos.
5. Promover el desarrollo de la energía eólica.
6. Impulsar la investigación y desarrollo de biocombustibles sustentables.
7. Promover la utilización de energías renovables en proyectos de generación distribuida.
8. Analizar la factibilidad de la utilización de tecnologías para aprovechar de manera sustentable la biomasa y residuos biomásicos para la generación de energía.
9. Desarrollar proyectos de aprovechamiento térmico de la energía solar.
10. Promover la investigación y desarrollo de fuentes alternativas para la generación de energía distribuida.
11. Ampliar el desarrollo y adaptación del sistema de transmisión de energía nacional a fin de que pueda ofrecer una capacidad de transmisión acorde a los objetivos de diversificación de fuentes de energía.
12. Promover la reducción en la generación de residuos domésticos e industriales, y de acuerdo a su potencial, promover su aprovechamiento energético.
13. Identificar los sectores industriales con potencial de utilización de fuentes energías alternativas menos intensivas en carbono.
14. Promover la investigación y desarrollo del hidrogeno como vector de energía.

***Eje de acción 9: Promover prácticas más eficientes en los procesos de producción del sector industrial para limitar emisiones de GEI.***

1. Evaluar los procesos productivos a fin de mejorar la eficiencia energética.
2. Promover procesos de producción limpia.
3. Fomentar el reciclado/reutilización de desechos industriales.
4. Fortalecer la oferta de combustibles alternativos.
5. Considerar el concepto de cambio climático en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y en los estudios de línea de base
6. Promoción del desarrollo de consorcios o conglomerados tecnológicos para la producción nacional de tecnologías ambientalmente amigables.

***Eje de acción 10: Promover el ordenamiento ambiental del territorio.***

1. Incorporar el manejo sustentable de ecosistemas teniendo en cuenta las áreas de alto valor para la conservación de la biodiversidad en los planes de ordenamiento territorial.
2. Promover el ordenamiento territorial planificando la regulación de la expansión de la frontera agropecuaria y de cualquier otro cambio en el uso del suelo.
3. Evaluar adecuadamente la introducción de cultivos energéticos, tanto en lo que respecta a las especies como a las zonas de implantación de los mismos.

***Eje de acción 11: Promover el desarrollo e implementación de prácticas agropecuarias y forestales sustentables.***

1. Incentivar el desarrollo de planes de manejo sustentable forestal y de tierras.
2. Mejorar los planes de control de fuego.
3. Promover el secuestro de carbono, en particular en lo referente a plantaciones forestales, pastizales y humedales.
4. Generar información sobre las emisiones de GEIs a lo largo de toda la cadena productiva.
5. Fomentar las buenas prácticas agropecuarias y forestales.
6. Favorecer la agricultura de precisión.
7. Mejorar la genética y la eficiencia reproductiva y sanitaria de los rodeos.
8. Mejorar la eficiencia en el manejo y uso de forrajes y dietas balanceadas, para limitar emisiones del sector ganadero.
9. Promover un uso adecuado y eficiente de los fertilizantes a fin de reducir emisiones de GEIs.

***Eje de acción 12: Incrementar la eficiencia energética en el sector transporte.***

1. Adoptar el enfoque Evitar-Cambiar-Mejorar (ECM) en la planificación y gestión del sector transporte, en todos sus modos y alcances.
2. Articular el planeamiento del uso de suelo con el desarrollo del sector a fin de reducir la necesidad de viajar y optimizar los sistemas de transporte.
3. Promover mayor participación de los modos de transporte eficientes y de menor intensidad de carbono (principalmente fluvial y ferroviario).
4. Mejorar y promover el uso de sistemas de transporte público.
5. Mejorar la eficiencia energética de los equipos de transporte mediante la introducción de nuevas tecnologías y combustibles, así como prácticas de manejo racional.
6. Promover la multimodalidad en el transporte.
7. Fortalecer capacidades para el diseño de políticas sectoriales, así como medición, reporte y verificación de emisiones.
8. Introducir buenas prácticas a fin de eficientizar el mantenimiento y operación de las unidades y flotas.
9. Promover la utilización de combustibles renovables y energías limpias.
10. Fomentar el transporte no motorizado en zonas urbanas.
11. Promover la investigación y desarrollo de tecnologías de bajo carbono, destinados para vehículos de transporte eficiente, entre otros.
12. Mejorar la infraestructura para el transporte de productos agropecuarios.

***Eje de acción 13: Promover cambios en estilos de vida de la población.***

1. Promover cambios de conducta vinculados a la utilización del transporte particular.
2. Promover la conciencia de los consumidores sobre el concepto de consumo sustentable.
3. Promover cambios en vestimenta/horarios de trabajo, en función de las nuevas condiciones del clima.
4. Promover mejoras en las prácticas domésticas vinculadas al consumo de la energía.

5. Promover la clasificación de residuos domiciliarios en origen.
6. Propiciar la incorporación y el desarrollo de la temática del cambio climático, incluyendo las energías limpias entre otros, en los diseños curriculares institucionales de la educación ambiental formal en sus tres niveles.
7. Promover el desarrollo sustentable del turismo que contribuya a limitar las emisiones de carbono del sector.
8. Promover la conciencia en los consumidores sobre las implicancias ambientales asociadas a la producción y al uso de los bienes y servicios.

***Eje de acción 14: Promover la coordinación de las acciones nacionales con la actividad internacional en la materia.***

1. Promover la difusión del resultado de las negociaciones internacionales en cambio climático
2. Instrumentar las acciones que den cumplimiento a las normativas internacionales ratificadas por la Nación Argentina.
3. Identificar fuentes de cooperación y financiamiento internacional que faciliten la implementación de acciones nacionales en la materia.
4. Promover la conformación de equipos nacionales interdisciplinarios que brinden asistencia técnica y participen en los temas bajo negociación internacional.