



# URUGUAY

## INFORME DE EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS PARA LA MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Montevideo, junio de 2016

Apoyado por:



**Coordinador ENT:**

Ministerio de Vivienda, Ordenamiento territorial y Medio Ambiente (MVOTMA): *Jorge Castro*.

**Grupo sectorial ENT:**

Energía e industria: *Paola VISCA*. MVOTMA- *Beatriz OLIVET*. MIEM

Transporte: *Paola VISCA*. MVOTMA- *Martín HANZ*. MTOP

Agropecuario: MVOTMA- *Walter OYHANTÇABAL*. MGAP

Residuos: Mariana *KASPRZYK*. MVOTMA- *Ethel BADIN*. Congreso de intendentes

Recursos hídricos: Gabriela *PIGNATARO*. MVOTMA- *Viveka SABAJ e Ignacio GARCÍA*. DINAGUA

Hábitat urbano y salud: *Carla ZILLI*. MVOTMA- *Graciana BARBOZA*. MSP- *Wim KOK e Isabel ERRO*. DINAVI

Ecosistemas terrestres y costeros: *Inti CARRO*. MVOTMA- *Ethel BADIN*. Congreso de intendentes

**Comité Nacional Consultivo:**

Grupo de Coordinación del SNRCC:

Ministerio de Vivienda, Ordenamiento territorial y Medio Ambiente (MVOTMA)

*Ignacio Lorenzo (Presidente)*

*Alejandro NARIO*

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP)

*Walter OYHANTÇABAL*

*María METHOL*

Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP)

*Lucía PITTALUGA*

*Fabiana BIANCHI*

Ministerio de Defensa Nacional (MDN)

*Carlos VILLAR*

*Pablo TABAREZ*

Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)

*Susana DÍAZ*

*Alejandro ZAVALA*

Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM)

*Olga OTEGUI*

*Beatriz OLIVET*

Ministerio de Relaciones Exteriores (MRREE)

*José Luis REMEDI*

*Carlos RODRIGUEZ*

Ministerio de Salud Pública (MSP)

*Carmen CIGANDA*

*Gastón CASAUX*

Ministerio de Turismo (MINTUR)

*Álvaro LÓPEZ*

*Gustavo OLVEYRA*

Congreso de Intendentes

*Ricardo GOROSITO*

*Leonardo HEROU*

*Ethel BADÍN*

Sistema Nacional de Emergencias (SINAE)

*Fernando TRAVERSA*

Ministerio de Desarrollo Social (MIDES) Ministerio invitado

*Marianela BERTONI*

*Martina LEJTREGGER*

Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET) Organismo invitado

*Federico BAZ URIARTE*

*Mario BIDEGAIN*

**Consultores Nacionales:**

Laboratorio Tecnológico del Uruguay

*Carlos SAIZAR*

*Pablo REALI*



## **Descargo de Responsabilidad**

Este documento es el resultado del Proyecto Evaluación de Necesidades Tecnológicas, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) e implementado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Asociación PNUMA DTU (UDP), en colaboración con el Centro Regional Fundación Bariloche. El presente informe es el resultado de un proceso liderado por el país, y la visión e información contenida en él es resultado del trabajo del Equipo Nacional TNA, liderado por el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

Las opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Asociación PNUMA DTU (UDP), el PNUMA o el Centro Regional Fundación Bariloche. Lamentamos los errores u omisiones que se hayan podido realizar sin darse cuenta. Esta publicación puede ser reproducida en su totalidad o en parte y en cualquier forma para los servicios educativos o sin fines de lucro sin permiso especial del titular de los derechos de autor, siempre que se haga mención de la fuente. Ningún uso de esta publicación puede ser para su venta o cualquier otro fin comercial sin el permiso previo por escrito de la Asociación PNUMA DTU (UDP).

## **PRÓLOGO**

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático establece la necesidad de promover y apoyar con su cooperación la investigación científica, tecnológica y técnica y apoyar el intercambio de informaciones.

La República Oriental del Uruguay reconoce la importancia de evaluar las necesidades tecnológicas para la mitigación y la adaptación a los efectos de que el país pueda determinar sus prioridades nacionales y adopte las tecnologías más adecuadas.

En este sentido, el proceso de Evaluación de Necesidades Tecnológicas (ENT) ofrece una oportunidad inmejorable a países en desarrollo a los efectos de disponer de una metodología probada para priorizar y seleccionar sectores y tecnologías, así como recibir una asistencia técnica por parte de UDP y los Centros Regionales.

Este documento refleja el trabajo realizado, siguiendo la metodología ENT, por un equipo representativo de las temáticas tratadas y por los consultores y el Centro Regional de apoyo, que llega a una priorización que ayuda a orientar las políticas y acciones tecnológicas en materia de mitigación y adaptación al Cambio Climático.

**Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático**

**República Oriental del Uruguay**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>LISTA DE TABLAS y FIGURAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE ACRÓNIMOS, SIGLAS Y ABREVIACIONES .....</b>	<b>xii</b>
<b>Resumen ejecutivo.....</b>	<b>1</b>
Proceso de Priorización de Sectores, Subsectores y Tecnologías .....	1
Sector Agropecuario .....	2
Sector Transporte.....	3
Sector Energía e Industria .....	4
Sector Residuos .....	5
<b>Capítulo 1 : INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
1.1 Acerca del Proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas (ENT) .....	7
1.2 Políticas nacionales existentes y prioridades de desarrollo .....	7
1.2.1 Marco institucional y jurídico vigente .....	7
1.2.2 Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. ....	8
1.2.3. Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático (PNRCC). ....	9
1.2.4 Plan Climático de la Región Metropolitana de Uruguay (PCRM) y otras iniciativas .....	9
1.2.5 Contribución Prevista Nacionalmente Determinada (CPND).....	10
<b>Capítulo 2 : arreglos institucionales .....</b>	<b>12</b>
2.1 Equipo Nacional ENT .....	12
2.1.1 Breve resumen y roles de las instituciones que conforman el Equipo Nacional .....	13
2.2 Involucramiento de partes interesadas.....	16
2.3. Proceso, criterios y resultados generales de la selección de sectores de la ENT .....	16
2.3.1 Priorización preliminar de sub-sectores.....	16
2.3.2 Priorización definitiva de los sub-sectores.....	18
2.4. Contribución de los sectores a las emisiones de GEI.....	19
2.5. Proceso de priorización de tecnologías.....	19
2.5.1 Instancias de discusión con actores claves .....	19

2.5.2 Información de base para el proceso.....	20
2.5.3 Evaluación de tecnologías en el contexto actual y de los objetivos del proyecto ENT .....	21
2.5.4 Definición de las tecnologías priorizadas .....	22
<b>Capítulo 3 : SECTOR AGROPECUARIO.....</b>	<b>22</b>
3.1 Emisiones GEI y tecnologías existentes para el sector agropecuario.....	22
3.2 Importancia del sector agropecuario en la economía nacional .....	22
3.3 Contexto de la decisión .....	23
3.4 Resumen de posibles opciones de tecnologías de mitigación en el sector agropecuario y sus potenciales de mitigación y otros posibles co-beneficios .....	25
3.5 Criterio y proceso para priorización de tecnologías en el sector agropecuario.....	26
3.6 Resultado de la priorización de tecnologías del sector agropecuario.....	28
3.7 Desarrollo de las tecnologías propuestas por el Banco Mundial (Proyecto LCDU para Uruguay) .....	31
<b>Capítulo 4 : Sector transporte.....</b>	<b>33</b>
4.1 Emisiones GEI y tecnologías existentes para mitigación en el sector transporte .....	34
4.2 Importancia del sector transporte en la economía nacional .....	35
4.3 Contexto de la decisión .....	38
4.4 Resumen de posibles opciones de tecnologías de mitigación en el sector transporte y sus potenciales de mitigación y otros posibles co-beneficios .....	41
4.5 Criterio y proceso para priorización de tecnologías en el sector transporte .....	42
4.6 Resultado de la priorización de tecnologías en el sector transporte .....	46
4.7 Desarrollo de las tecnologías propuestas.....	48
<b>Capítulo 5 : Sector energía e industria.....</b>	<b>50</b>
5.1 Emisiones GEI y situación global de las tecnologías de energías renovables.....	51
5.2 Importancia del sector energético y de energías renovables en la economía nacional .....	53
5.3 Contexto de la decisión .....	56
5.4 Resumen de posibles opciones de tecnologías de mitigación en el sector energético, sus potenciales de mitigación y otros posibles co-beneficios. ....	57
5.5 Criterio y proceso para priorización de tecnologías en el sector energías renovables.....	58

5.6 Resultado de la priorización de tecnologías en el sector energía .....	60
5.7 Desarrollo de las tecnologías propuestas.....	60
<b>Capítulo 6 : Sector residuos .....</b>	<b>62</b>
<b>Capítulo 7 : RESUMEN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>LISTA DE REFERENCIAS .....</b>	<b>64</b>
<b>Anexo 1 – hojas informativas de las tecnologías de mitigación. ....</b>	<b>78</b>
A2-1. Mejoras en la producción de ganado de carne a campo natural optimizando la gestión espacio-temporal del pastoreo en asociación a incrementos de montes de sombra y abrigo y/o emprendimiento silvopastoriles.....	79
A2-2. Incremento de la producción ganadera mejorando la dieta del ganado. ....	85
A2-3. Mejoras en la eficiencia de uso de combustible de los vehículos particulares. ....	89
A2-4. Utilización de biocombustibles para el transporte de cargas y pasajeros.....	94
A2-5. Utilización de autos eléctricos e híbridos. ....	97
A2-6. Generación eléctrica undimotriz.....	102
A2-7. Utilización de la energía solar de concentración para la generación de energía eléctrica en Uruguay. 107	
A2-8. Generación de energía eléctrica a partir de fuentes geotérmicas. ....	112
<b>Anexo 2 –talleres interinstitucionales y reuniones sectoriales .....</b>	<b>115</b>
A2-1. Resultados detallados de los AMC en sectores seleccionados para ENT en mitigación del cambio climático.116	
A2-2. Información de Reuniones Sectoriales .....	127
<b>ANEXO 3: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA PARA el ANÁLISIS DEL Sector Agropecuario .....</b>	<b>130</b>
A3-1. Descripción del Sector Agropecuario en Uruguay .....	130
A3-2. Estimación de reducción de GEI en el pastoreo de ganado vacuno de carne en campo natural....	131
A3-3. Estimación de reducción de GEI en la provisión de agua y sombra para el ganado vacuno .....	133
<b>ANEXO 4: información complementaria para el análisis del sector transporte .....</b>	<b>134</b>
A4-1. Descripción de las diferentes opciones tecnológicas identificadas para el sector transporte .....	134
A4-2. Experiencias internacionales en etiquetado de eficiencia energética vehicular .....	139

**ANEXO 5: información complementaria para el análisis del sector energía e industria ..... 143**

A5-1. Política Energética 2030, Marco Regulatorio Eléctrico y Planes 2013-2033 .....	143
A5-2. Descripción de las energías renovables a nivel mundial.....	146
A5-3. Principales inversiones en el Sector Energía y estado de desarrollo de las Energías Renovables en Uruguay. 148	
A5-4. Fuentes renovables firmemente establecidas en el país.....	149
A5-5. Potencial de las energías undimotriz, geotérmica y solar de concentración para Uruguay.....	154

**ANEXO 6: DESARROLLO DEL ANÁLISIS DEL sector residuos ..... 161**

A6-1. Emisiones GEI y situación global de las tecnologías para su mitigación en sector residuos .....	162
A6-2. Importancia del sub-sector residuos sólidos urbanos en la economía nacional .....	165
A6-3. Contexto de la decisión.....	168
A6-4. Resumen de posibles opciones de tecnologías de mitigación en el sub-sector RSU local, sus potenciales de mitigación y otros posibles co-beneficios. ....	175
A6-5. Criterio y proceso para priorización de tecnologías en el sub-sector RSU .....	178
A6-6. Resultado de la priorización de tecnologías en el sub-sector RSU .....	178

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1-1: Resumen de la CPND de Uruguay, discriminada por sector y por cada tipo de GEI, estimadas para 2030 en base a las emisiones nacionales en 1990.....	10
Tabla 2-1 Co-coordinación de los diferentes sectores considerados como prioritarios .....	15
Tabla 3-1: VAB del sector agropecuario (en miles de pesos constantes de 2005).....	22
Tabla 3-2: Opciones tecnológicas de mitigación asociadas a producción pecuaria en Uruguay.....	25
Tabla 3-3: Resumen de tecnologías propuestas para el sector agropecuario.....	30
Tabla 4-1: Medidas y prácticas para mitigación de las emisiones de GEI en el sector transporte.....	37
Tabla 4-2: Principales criterios considerados en las medidas de mitigación en el sector transporte.....	44
Tabla 4-3: Opciones de mitigación para el sector transporte en Uruguay formuladas en los últimos años, indicando potenciales y costos de abatimiento.....	45
Tabla 4-4: Costos de inversión y operación del laboratorio para medición de eficiencia en el consumo de combustibles y medición de emisiones en Chile. ....	49
Tabla 4-5: Costos de los diversos análisis ofrecidos en Chile para la estimación de la eficiencia en el uso de combustibles y emisiones de vehículos livianos. ....	49
Tabla 5-1: Principales criterios considerados en las medidas de mitigación en el sector energía.....	59
Tabla A2-1: Resultados del AMC para el Sector Agropecuario .....	116
Tabla A2-2: Resultados del AMC para el Sector Transporte .....	118
Tabla A2-3: Resultados del AMC para el Sector Energía e Industria .....	120
Tabla A2-4: Resultados del AMC para el Sector Residuos.....	122
Tabla A2-5: Resumen de tres sub-sectores de cada sector con mayor puntaje de cada sector en AMC .....	124
Tabla A2-6: Listado de Participantes de Talleres Interinstitucionales .....	125
Tabla A2-7: Lista de co-coordinadores institucionales designados ante la Coordinación Nacional ENT ....	127
Tabla A2-8: Reuniones sectoriales con co-coordinadores.....	128
Tabla A3-1: Comparación de emisiones de fermentación entérica entre la línea de base y la medida propuesta.....	132
Tabla A3-0-2: Comparación del secuestro de emisiones por carbono orgánico en el suelo entre la línea de base y la medida propuesta.....	132
Tabla A3-3: Comparación del balance neto de emisiones entre la línea de base y la medida propuesta. ....	132
Tabla A3-4: Potencial de secuestro de carbono en el suelo en el período adoptado para la medida propuesta. ....	133
Tabla A5-1: Emprendimientos de generación por biomasa en funcionamiento y autorizados a suministrar energía a la red uruguaya. Fuente: (ProBio, 2015).....	149
Tabla A5-2: Proyectos de generación por biomasa presentados ante la DNE, con miras a comenzar su generación en el corto plazo, en el marco del Decreto 367/010. Fuente: DNE.....	149
Tabla A5-3: Emprendimientos de generación eólica actualmente en operación. Fuente: DNE.....	150
Tabla A5-4: Emprendimientos de generación eólica que comenzarán su operación en el corto plazo. Fuente: DNE.....	150
Tabla A5-5: Desarrollos de generación de energía solar fotovoltaica previstos para entrar en operación en el corto plazo. Fuente: DNE .....	151
Tabla A6-1: Acciones para reducir o evitar emisiones de GEI en la gestión de residuos sólidos según los procesos o tecnologías empleadas .....	164
Tabla A6-2: Costos por servicio del Plan Director de RSU de 2003 actualizados al año 2010 .....	167

Tabla A6-3: Mercado de productos reciclados al año 2003 .....	168
Tabla A6-4: Selección de normas nacionales en materia de residuos. ....	169
Tabla A6-5: Normas y pautas relevadas a nivel departamental en 2011 en materia de residuos. Fuente: (OPP - Uruguay Integra, 2011) .....	170
Tabla A6-6: Normas y pautas relevadas a nivel departamental en 2011 en materia de residuos (cont.). Fuente: (OPP - Uruguay Integra, 2011).....	171
Tabla A6-7: Resultados financieros del sector residuos - año 2010 (\$) .....	173
Tabla A6-8: Propuestas recientes de medidas de mitigación en el sub-sector RSU. Fuentes: (OPP - Uruguay Integra, 2011) (Mattos, 2011).....	176
Figura 2-1: Conformación del equipo nacional y organización del proyecto ENT .....	12
Figura 2-2: GEI de Uruguay para el 2010, subdivididos por sectores y sub sectores .....	19
Figura 3-1: Participación del VAB de los sub-sectores agropecuarios en el PBI de la economía (en base a miles de pesos constantes de 2005) .....	23
Figura 3-2: Sistemas silvopastoriles con Eucaliptus globulus (fuente: INIA).....	28
Figura 4-1: Evolución de la incorporación anual de unidades al parque vehicular por categorías .....	34
Figura 4-2: Evolución del contenido energético del sector transporte. Fuente: (MIEM, 2014).....	36
Figura 4-3: Consumo energético por sector. Fuente: (MVOTMA - SNRCC, 2015) .....	36
Figura 4-4: Evolución del consumo final energético - sector transporte. Fuente: (MIEM, 2014).....	38
Figura 4-5: Consumo de gasoil y gasolinas con biocombustibles - sector transporte. Fuente: (MIEM, 2014). .....	38
Figura 4-6: Variación de consumo (ktep) del sector transporte, por fuente de energía, en el escenario de eficiencia energética. Fuente: (MIEM, 2015).....	41
Figura 5-1: Evolución de las emisiones CO <sub>2</sub> - Industrias de la energía y sectores de consumo.....	52
Figura 5-2: Emisiones de CO <sub>2</sub> en 2013 . Industrias de la energía y sectores de consumo. ....	52
Figura 5-3: Abastecimiento de energía por fuente. ....	53
Figura 5-4: Consumo per cápita de energía (en kg de petróleo equivalente) .....	54
Figura 5-5: Abastecimiento de energía por origen. Fuente: (MIEM, 2014).....	55
Figura 5-6: Abastecimiento de energía por tipo. Fuente: (MIEM, 2014).....	55
Figura 5-7: Evolución del abastecimiento de energía por fuente. Fuente: (MIEM, 2014).....	56
Figura 5-8: Reducción de emisiones de GEI por la implementación de diferentes medidas de reducción de emisiones, para un escenario 2005-2030. Fuente: (World Bank, 2014).....	58
Figura A2-1: Gráfico de barras con resultados del AMC para el Sector Agropecuario .....	117
Figura A2-2: Gráfico de barras con resultados del AMC para el Sector Transporte.....	119
Figura A2-3: Gráfico de barras con resultados del AMC para el Sector Energía e Industria.....	121
Figura A2-4: Gráfico de barras con resultados del AMC para el Sector Residuos .....	123
Figura A3-1: Distribución nacional de cobertura de suelo. ....	130
Figura A4-1: Niveles de azufre en gasolinas en Latinoamérica y El Caribe. ....	134
Figura A4-2 : Red ferroviaria de Uruguay .....	138
Figura A4-3: Etiqueta conjunta EPA/DOT para modelos a partir de 2008. Fuente: (U.S. EPA, 2006).....	139
Figura A4-4: Etiqueta conjunta EPA/DOT para modelos a partir de 2012. Fuente: (U.S. EPA, 2011).....	140
Figura A4-5: Etiqueta de eficiencia energética vehicular obligatoria desde febrero de 2013 en Chile para vehículos livianos. Fuente: (Ministerio_de_Energía_de_Chile, 2012) .....	142

Figura A5-1: Evolución del precio de la energía eléctrica en función de precipitaciones anuales. Fuente: (García, 2013).....	145
Figura A5-2: Generación eléctrica en Uruguay, período 2004-2014. Fuente: (MIEM, 2015).....	152
Figura A5-3: Consumo final de electricidad por sector; período 2004-2014. Fuente: (MIEM, 2015).....	152
Figura A5-4: Evolución de la potencia instalada y generación de energía eléctrica por renovables. Fuente: (MIEM, 2015).....	153
Figura A5-5: Zonas preferenciales a nivel mundial para el aprovechamiento de diferentes fuentes de energía oceánica. Fuente: (Alonso Hauser, 2012).....	154
Figura A5-6: Potencial del oleaje y dirección pico. Fuente: (Alonso Hauser, 2012).....	155
Figura A5-7: Esquema mostrando la relación entre el gradiente geotérmico y las fuentes geológicas de calor. Fuente: (Cernuschi, 2014).....	157
Figura A5-8: Mapa solar del Uruguay -- Irradiación diaria promedio (kWh/m <sup>2</sup> ).....	158
Figura A5-9: Evolución de la superficie instalada de paneles solares térmicos en Uruguay. ....	160
Figura A6-1: Emisiones de GEI (%) del sector desechos por categoría.....	162
Figura A6-2: Emisiones de GEI (%) del sector desechos por categoría.....	163
Figura A6-3: Residuos per cápita (kg/año) vs log10 GDP (US\$/año) per cápita (Uruguay en rojo).....	165
Figura A6-4: Residuos per cápita (kg/año).....	165
Figura A6-5: Porcentaje de disposición ambientalmente inadecuada de residuos. ....	166
Figura A6-6: Costos de recolección y en sitio de disposición final (SDF) de RSU por departamento.....	167
Figura A6-7: Infraestructura de los sitios de disposición final (SDF) significativos (sin Montevideo).....	172
Figura A6-8: Puntaje relativo para cada condición evaluada del ICA de los SDF significativos. ....	172
Figura A6-9: Indicador de calidad ambiental (ICA) de los SDF significativos. ....	173
Figura A6-10: Emisiones de GEI por regiones para sub-sector RSU en escenario de línea de base 2005-2035. Fuente: (World Bank, 2014).....	177

## LISTA DE ACRÓNIMOS, SIGLAS Y ABREVIACIONES

<b>AMC</b>	Análisis Multi Criterio
<b>ANCAP</b>	Administración Nacional de Combustibles Alcohol y Portland
<b>ANII</b>	Agencia Nacional de Investigación e Innovación
<b>ART</b>	Articulación de Redes Territoriales
<b>BCU</b>	Banco Central del Uruguay
<b>BUR</b>	Biennial Update Report
<b>CIRCVC</b>	Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
<b>COP</b>	Conference of Parties
<b>CPND</b>	Contribución Prevista Nacionalmente Determinada
<b>CSP</b>	Concentrated Solar Power
<b>CSR</b>	Combustible Sólido Recuperado
<b>DCC</b>	División de Cambio Climático
<b>DINAGUA</b>	Dirección Nacional de Aguas
<b>DINAMA</b>	Dirección Nacional de Medio Ambiente
<b>DINAMIGE</b>	Dirección Nacional de Minería y Geología
<b>DINAPLO</b>	Dirección Nacional de Planificación y Logística
<b>DINOT</b>	Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial
<b>DNE</b>	Dirección Nacional de Energía
<b>DNT</b>	Dirección Nacional de Transporte
<b>DNT</b>	Dirección Nacional de Transporte
<b>DTIE</b>	División de Tecnología Industria y Economía
<b>DTU</b>	Thechnical University of Denmark
<b>EE</b>	Eficiencia Energética
<b>EEUU</b>	Estados Unidos
<b>ENT</b>	Evaluación de las Necesidades Tecnológicas
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization of the United Nations
<b>FMAM</b>	Fondo Mundial para el Medio Ambiente
<b>FNUDC</b>	Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Capitalización
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>GFEI</b>	Global Fuel Economy Initiative
<b>GIS</b>	Geographic Information System
<b>GNC</b>	Gas Natural Comprimido
<b>Green LECRDS</b>	Green Low-Emission and Climate-Resilient Development Strategies
<b>GWP100</b>	Global Warming Potential for 100 years
<b>IdC</b>	Intendencia de Canelones
<b>IdM</b>	Intendencia de Montevideo
<b>IEA</b>	International Energy Agency
<b>IECON</b>	Instituto de Economía
<b>IMFIA</b>	Instituto Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental
<b>INDC</b>	Intended Nationally Determined Contributions
<b>INGEI</b>	Inventario de Gases de Efecto Invernadero
<b>INIA</b>	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

<b>IPCC</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>IRENA</b>	International Renewable Energy Agency
<b>ISWA</b>	International Solid Waste Association
<b>LATU</b>	Laboratorio Tecnológico del Uruguay
<b>LCDU</b>	Low Carbon Development in Uruguay
<b>LGPA</b>	Ley General de Protección del Ambiente
<b>MBT</b>	Mechanical Biological Treatment
<b>MBT</b>	Tratamiento mecánico-biológico
<b>MDL</b>	Mecanismo para un Desarrollo Limpio
<b>MGAP</b>	Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca
<b>MIEM</b>	Ministerio de Industria Energía y Minería
<b>MMEE</b>	Mercado Mayorista de Energía Eléctrica
<b>MSP</b>	Ministerio de Salud Pública
<b>MTOP</b>	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
<b>MVOTMA</b>	Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
<b>NAMAs</b>	Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación por sus siglas en inglés
<b>ONU-HABITAB</b>	Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos
<b>OPP</b>	Oficina de Planeamiento y Presupuesto
<b>PATs</b>	Planes de Acción Tecnológicas
<b>PBI</b>	Producto Bruto Interno
<b>PCA</b>	Potencial de Calentamiento Atmosférico (GWP en su sigla en inglés)
<b>PCRM</b>	Plan Climático de la Región Metropolitana de Uruguay
<b>PETLI</b>	Plan Estratégico de Transporte, Logística e Infraestructura
<b>PMEGEMA</b>	Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático
<b>PNEE</b>	Plan Nacional de Eficiencia Energética
<b>PNRCC</b>	Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>PPN</b>	Productividad Primaria Neta
<b>PTG</b>	Potencial de Temperatura Global (GTP en su sigla en inglés)
<b>RDF</b>	Refuse Derived Fuel
<b>REDD</b>	Reducción de Emisiones por control de la Deforestación y la Degradación forestal
<b>REN21</b>	Renewables 21
<b>RSU</b>	Residuos Sólidos Urbanos
<b>SNRCC</b>	Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático
<b>SUCIVE</b>	Sistema Unico de Cobro de Ingresos Vehiculares
<b>T21</b>	Threshold 21
<b>TACC</b>	Enfoque Territorial al Cambio Climático, por su sigla en inglés
<b>TAP</b>	Technology Action Plan
<b>TICs</b>	Tecnologías de la Información y la Comunicación
<b>TNA</b>	Technology Needs Assessment
<b>U.S.EPA</b>	United States Environmental Protection Agency
<b>UdelaR</b>	Universidad de la República
<b>UDP</b>	UNEP DTU Partnership
<b>UNEP</b>	United Nations Environmental Program

<b>UNIT</b>	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas
<b>UNITAR</b>	United Nations Institute for Training and Research
<b>UTCUTS</b>	Uso de la Tierra, Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura
<b>UTE</b>	Administración de Usinas y Transmisiones Eléctricas
<b>VA</b>	Valor Agregado
<b>VAB</b>	Valor Agregado Bruto
<b>VTT</b>	Technical Research Centre of Finland
<b>WTE</b>	Waste to Energy

## RESUMEN EJECUTIVO

La importancia de evaluar necesidades tecnológicas para la mitigación y la adaptación al cambio climático es consecuencia de un proceso que comenzó en 2001 en el seno de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), específicamente consignado en su Artículo 4.1c. El objetivo principal de una evaluación de necesidades en materia de tecnología es identificar, evaluar y ordenar por prioridad los medios tecnológicos, tanto para mitigación como para adaptación, a fin de lograr metas de desarrollo sostenible.

En base a los resultados de la Evaluación de Necesidades Tecnológicas (ENT) que los diversos países han ido presentando, la Secretaría de la CMNUCC ha elaborado tres reportes mundiales de síntesis para los años 2006, 2009 y 2013. Un nuevo reporte se realizará luego de que los 26 países restantes de esta nueva generación de evaluaciones, entre ellos Uruguay, presente sus ENT.

La elaboración de la ENT para Uruguay fue realizada mediante la conformación del Equipo Nacional, convocado por el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) y se implementó de acuerdo a las pautas establecidas en la Guía ENT para el Cambio Climático de UDP (Haselip, Narkeviciute, & Rogat Castillo, 2015). En la [Figura 2-1](#) se representa la estructura del equipo nacional. Este Equipo Nacional fue organizado en Grupos Sectoriales de forma de contar con una integración flexible, multisectorial y multidisciplinaria ya que están integrados con representación de los organismos del Estado responsables de la formulación e implementación de políticas de desarrollo y de cambio climático, pero según las necesidades particulares de cada sector también pueden integrar a la academia, institutos tecnológicos y de investigación, el sector privado y otros actores sociales.

Los consultores nacionales designados por el coordinador nacional de ENT son el Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática (CIRCVC) de la Universidad de la República (UdelaR) para las tecnologías de adaptación, y el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) para las correspondientes a mitigación. La conformación y antecedentes en la temática de cambio climático de dichas instituciones aseguran una amplia variedad de capacidades para abordar la evaluación de necesidades tecnológicas en los distintos sectores. La participación directa en el equipo consultor de la academia y de una institución público-privada como el LATU, dirigida por actores muy relevantes como el MIEM y la Cámara de Industrias del Uruguay, es considerada una fortaleza del proyecto.

En el cuerpo del informe se describen en detalle la composición del equipo sectorial, así como el proceso participativo llevado a cabo para la elaboración de esta ENT.

La contribución a las emisiones de GEI es uno de los factores de mayor peso para la selección de los sectores y subsectores a priorizar en la mitigación del cambio climático. De acuerdo al Inventario Nacional de GEI (INGEI) 2010 presentado en el Informe Bienal de Actualización (BUR por su sigla en inglés) para Uruguay (MVOTMA, 2015), en el año 2010 las emisiones totales netas de GEI para Uruguay son las que se observan en la [Figura 2-2](#). Si bien este estudio está basado en la métrica del PCA, Uruguay en el BUR está considerando emplear la métrica alternativa del PTG para orientar las políticas de mitigación

### Proceso de Priorización de Sectores, Subsectores y Tecnologías

En base a la sugerencia de la metodología de que el proyecto ENT debería culminar en no más de 2 o 3 ideas de proyecto, de los 7 sectores contemplados inicialmente (ver 3.1.1) se seleccionan 4 para el análisis de las medidas de mitigación: agropecuario, energía e industria, transporte y residuos. Dichos sectores son los que históricamente el país consideró para presentar sus propuestas de mitigación de emisiones, en gran medida por su mayor peso en las emisiones de GEI (ver 3.2). Debe destacarse que los sectores no priorizados (ecosistemas, hábitat urbano y salud, recursos hídricos) pueden eventualmente ser alcanzados en forma transversal por las medidas de mitigación planteadas para los 4 sectores seleccionados.

Para la priorización preliminar de los subsectores se realizaron 2 talleres empleando el análisis multicriterio (AMC) propuesto en la metodología ENT, con las dimensiones clásicas de la sostenibilidad: ambiental, social y económica (ver Anexo 1). La priorización definitiva de los subsectores se hizo en reuniones con los co-coordinadores sectoriales bajo la supervisión de la Coordinación Nacional (ver Anexo 2), tomando como base en cada sector los tres mejores puntuados y los siguientes criterios acordados:

- Priorizar al menos un subsector por sector;
- Preferir subsectores con aspectos comunes a más de un sector;
- Equilibrar el número de subsectores con tecnologías de adaptación y mitigación;
- Alinear prioridades con políticas y planes ya existentes a nivel estatal, optimizando recursos;
- Considerar oportunidades y barreras existentes en el contexto público – privado actual;
- Mantener coherencia con las propuestas nacionales a nivel de las INDC;
- Favorecer en lo posible el mayor potencial de mitigación de emisiones de GEI en el subsector.

A partir de la definición de los 4 subsectores sobre los cuales se continuaría trabajando en el proyecto ENT, el proceso de priorización de tecnologías en dichos subsectores se realizó a través de distintas instancias de discusión con actores claves, ya sea en las mismas reuniones con los co-coordinadores donde se definieron los subsectores, o en entrevistas con referentes de la temática. Para dichas instancias se tomaron como base las propuestas tecnológicas de mitigación que fueron formuladas en iniciativas similares al proyecto ENT en tiempo reciente, o incluso en forma prácticamente simultánea, como las del INDC (ver 2.5.2). Estas propuestas fueron revisadas ante posibles cambios de último momento en el contexto político, institucional y público – privado, y considerando también la oportunidad de favorecer nuevos desarrollos tecnológicos que no fueron contemplados hasta ahora, pero que podrían estar alineados con los objetivos del proyecto ENT. Los criterios aplicados para priorizar tecnologías fueron los 4 últimos que se mencionan para priorizar subsectores.

El número más acotado de actores que intervienen en la instancia de priorización de tecnologías del proyecto ENT se compensa con los estudios previos de tecnologías de mitigación en los que participaron los principales actores de los sectores público y privado, así como del académico y tecnológico. Dichos estudios contaron con más tiempo para su desarrollo, a la vez que contemplaron también los criterios de sostenibilidad de la metodología de análisis multi-criterio (ver 2.5.2). Tomar como punto de partida los estudios antes mencionados permite avanzar sobre la base de propuestas sólidas que ya tienen a priori un alto grado de consenso, facilitando su validación en el SNRCC, órgano con mayor representatividad a nivel nacional en el tema Cambio Climático. En función de lo anterior, se consideró que no se justificaba organizar talleres de análisis multi-criterio para la priorización de tecnologías.

Como resultado de dicho proceso, los subsectores que se seleccionaron para continuar con el proceso de priorización de tecnologías para mitigación de cambio climático fueron los siguientes:

SECTOR AGROPECUARIO. Subsector ganadería de carne y lana

SECTOR ENERGÍA E INDUSTRIA. Subsector energías renovables

SECTOR TRANSPORTE. Subsector carretero pasajero vehicular particular

SECTOR RESIDUOS. Subsector residuos sólidos urbanos

Se presentan a continuación, sintéticamente, resultados del análisis para cada sector. El desarrollo detallado puede encontrarse en el cuerpo del informe.

### **Sector Agropecuario**

En Uruguay, la ganadería es un importantísimo rubro a nivel de aporte al PBI nacional y una de las principales fuentes de empleo rural.

Asimismo, las emisiones de metano por la fermentación entérica del ganado vacuno se constituyen como la principal fuente de emisiones de GEI de Uruguay. Esto explica por qué en el proceso de ENT realizado en Uruguay la ganadería bovina fue el subsector seleccionado como prioritario dentro del sector agropecuario.

Por otra parte, según se explica en la Contribución Prevista Nacionalmente Determinada propuesta por Uruguay en 2015, Uruguay no puede mitigar el cambio climático a expensas de la producción de alimentos. Por lo tanto se propone trabajar en la mejora de la eficiencia de las emisiones por producto en el sector, para lo cual el país presenta metas específicas en relación a la producción de carne vacuna.

En diciembre de 2014 el Banco Mundial realizó para Uruguay un informe que evaluó 18 opciones de medidas para la mitigación de emisiones en el sector agropecuario-forestal (World Bank, 2014), de las cuales la [Tabla 3-2](#) muestra las que son aplicables a la producción pecuaria.

Basado en este estudio, se realizó un proceso de análisis participativo (descrito en el cuerpo del informe) acordándose la mejor combinación de ofertas tecnológicas disponibles a nivel comercial para impulsar dentro del sector ganadero de carne tradicional. Estas tecnologías incluyen prácticas de pastoreo sostenible por aumento de la altura del tapiz vegetal, en asociación con una mayor oferta a nivel predial de montes de sombra y abrigo del ganado, asociados con bebederos permanentes a nivel de cada nuevo potrero. En determinadas condiciones productivas se propondrá también aumentar la superficie de dichos montes de abrigo, generando sistemas silvopastoriles con fines energéticos y/o de producción de madera de calidad.

Según las estimaciones del Banco Mundial, la aplicación de este paquete tecnológico podría representar una reducción de emisiones de 0.021 Kt/ha/año de CO<sub>2</sub>eq. En la visión del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca del Uruguay (MGAP, 2015) este paquete tecnológico podría ser aplicado en aproximadamente en 5 millones de hectáreas en un período de 10 años, por lo que para el 2015 se podrían esperar unas reducciones anuales de 105.000 Kton/ha de CO<sub>2</sub>eq.

## Sector Transporte

El empleo de la metodología multicriterio propuesta por la Guía ENT (Haselip, Narkeviciute, & Rogat Castillo, 2015) para el proceso de priorización de los subsectores en los talleres nacionales interinstitucionales colocó en los tres primeros lugares con mejor puntaje a subsectores de transporte carretero, en el siguiente orden decreciente: pasajero colectivo urbano, pasajero vehicular particular y carga de largo alcance (ver gráficos de barras en Anexo 2). En las reuniones posteriores mantenidas con los coordinadores de los ministerios designados para el sector transporte (MTOPE, MIEM, MVOTMA) no surgió una clara definición de prioridad de alguno de los tres subsectores con mayor puntaje. Dada esta situación, y aunque finalmente se optó por definir como subsector priorizado el vehicular de pasajeros particulares, se procurará priorizar tecnologías que sean transversales a los tres subsectores, considerando el análisis del contexto actual del sector transporte, los planes estratégicos del MTOPE y el MIEM vinculados a éste, y un análisis preliminar de barreras.

Las tecnologías priorizadas en el sector transporte están asociadas a las siguientes medidas:

- Implementar un sistema de etiquetado de eficiencia energética vehicular, según la norma UNIT 1130:2013, incorporando los vehículos al Sistema Nacional de Etiquetado en EE y dando amplia difusión a los rendimientos vehiculares.
- Ampliar la inspección técnica obligatoria de vehículos en uso que actualmente se realiza para vehículos livianos a nivel de Montevideo y de vehículos pesados por la Dirección Nacional de Transporte (DNT), extendiendo la primera a alcance nacional, e incorporando en ambos casos elementos de eficiencia energética y de control de otras emisiones.
- Fortalecer y ampliar los programas actuales de conducción eficiente y mantenimiento vehicular para conductores profesionales de flotas públicas y privadas, extendiéndolo al público masivo.
- Introducción de nuevos incentivos económicos, tributarios y financieros, basados en la eficiencia del vehículo. En particular, evaluar sistemas *CO<sub>2</sub> tax*, *Bonus/Malus* y *Feebate*.

- Introducción de estándares mínimos de eficiencia vehicular, en paralelo con los estándares para emisiones vehiculares de contaminantes, evaluando la eliminación de la circulación de vehículos más antiguos, como fue planteado por el MTOP para camiones con más de 30 años de antigüedad. La instalación de un laboratorio nacional de ensayos para su medición debe ser evaluada cuidadosamente, considerando aspectos técnicos, económicos y estratégicos.
- Generar información de base caracterizando periódicamente los consumos y recorridos del parque. Analizar los impactos de las medidas implementadas y emplear tecnologías informáticas para la gestión de flotas y el estudio de distintos escenarios futuros, proyectando la demanda asociada y la evaluación de nuevas medidas.

En la [Tabla 4-3](#) se presentan las estimaciones de reducción de GEI realizadas en estudios previos, para distintos períodos según cada caso (2012 – 2030 o 2014 – 2035). Dichas estimaciones no son directamente acumulables, no sólo por no considerar exactamente los mismos períodos, sino también porque algunas se calcularon con el área metropolitana como alcance, y porque las medidas podrían tener interrelaciones que las hagan parcialmente dependientes. No obstante, a los efectos de tener una idea del orden del potencial de reducción, dichas medidas (que no incluyen la aplicación de estándares mínimos mandatorios de eficiencia) implicarían una reducción de 8.671 kton CO<sub>2</sub>eq en un período de aproximadamente 20 años.

### Sector Energía e Industria

Según lo consignado en la Contribución Prevista Nacionalmente Determinada por Uruguay, así como la producción de carne vacuna es la actividad que emite más CH<sub>4</sub> (78%), el sector energía (incluyendo transporte) es el sector que más emite CO<sub>2</sub> (94%). Después del sector transporte, responsable del 48% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el sub-sector de las industrias de generación de energía ocupan el segundo lugar con el 19% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> del país en 2010. En este sentido, también se pretende trabajar en reducir la intensidad de emisiones en relación a la unidad de producto, como se detalla a continuación, pudiéndose encontrar en análisis detallado en el cuerpo de este informe.

En el caso del sector energía e industria, los tres sub-sectores que tuvieron mayor puntaje en los talleres nacionales inter-institucionales para definir prioridades según la metodología multi-criterio propuesta por la Guía ENT (Haselip, Narkeviciute, & Rogat Castillo, 2015) fueron los siguientes, en orden decreciente de prioridad: energías renovables, gestión de recursos energéticos – planificación, y por último demanda industrial – uso intensivo de energéticos (ver gráficos de barras en Anexo 2).

En función de que el sub-sector de gestión de recursos energéticos plantea necesidades tecnológicas básicamente en el área de adaptación, la definición del sub-sector a priorizar para mitigación estuvo entre energías renovables y la industria con uso intensivo de energéticos. El criterio adicional propuesto por la coordinación nacional del proyecto de priorizar sub-sectores con aspectos comunes a más de un sub-sector favorece a priori al de energías renovables, que claramente tiene mayor transversalidad, además de una destacada relevancia estratégica dentro de la Política Energética Uruguay 2030.

La priorización del sub-sector energías renovables fue refrendada en las reuniones posteriores mantenidas con los co-coordinadores del MIEM y MVOTMA, donde también participaron los directores del Área de Energías Renovables y del Área de Demanda, Acceso y Eficiencia Energética. Si bien la eficiencia energética es también un área muy relevante dentro de la política energética, y podría abordarse desde el sub-sector de industria con uso intensivo de energía, se valoró que dicha área podría estar presente en el proyecto ENT transversalmente desde otro sector, como finalmente ocurrió con el sector transporte.

En relación a cuál o cuáles energías renovables debían ser priorizadas, un primer criterio considerado por la Dirección Nacional de Energía (DNE) es dirigir los recursos hacia las energías renovables no tradicionales que requieren más investigación y desarrollo, alineado con uno de los objetivos (Nº9) de la Política Energética Uruguay 2003. En este contexto, se ha ordenado en tres horizontes de tiempo para los cuales se espera poder obtener el financiamiento para los proyectos propuestos en el marco del ENT. La DNE visualiza el abordaje nacional de energías renovables no tradicionales de este grupo en el siguiente orden temporal:

- Horizonte 1: Geotérmica – Undimotriz – Térmica solar concentrada
- Horizonte 2: Biocombustibles de segunda generación
- Horizonte 3: Eólica off-shore

Se entiende que en función de los tiempos previstos para finalización del proyecto ENT, que habilitarían la búsqueda de mecanismos de financiamiento para el TAP, las energías renovables del Horizonte 1 serían las más indicadas para priorizar.

A su vez, también se establecen ahí los criterios que la Dirección Nacional de Energía (DNE) manejó para acotar los pasos subsiguientes del proyecto ENT en el sector energía a un grupo de tres energías renovables: undimotriz, geotérmica y solar térmica de concentración. El criterio principal en este caso estaba alineado con el objetivo particular N°9 de la Política Energética 2030 en el Eje de la Oferta: “mantener un trabajo permanente de prospectiva tecnológica de manera que el país se encuentre preparado para incorporar nuevas formas de energía”. Esta elección también estaba basada en el criterio de apostar a dirigir los potenciales recursos que deriven del proyecto ENT a las áreas de energías renovables con mayores carencias, en lugar de destinarlos a energías renovables que ya tienen un grado de consolidación superior, sustentadas en programas de incentivos e inversión privada. Los criterios que se aplicaron para el tercer nivel de priorización dentro del sector energía e industria, esto es, entre las tres energías renovables seleccionadas, fueron los siguientes:

- grado de evaluación del potencial energético en el país de cada energía renovable
- capacidad en recursos humanos y materiales para investigación
- planes e inversiones existentes específicas para cada energía renovable

Como resultado del proceso anterior, la energía undimotriz fue la seleccionada para continuar avanzando en el proceso de priorización de tecnologías. La selección se basó principalmente en las siguientes consideraciones:

- Hay una evaluación reciente del potencial undimotriz del país que indica aporta resultados alentadores en este sentido.
- La capacidad en recursos humanos puede decirse que es adecuada o podría fácilmente fortalecerse con recursos nacionales.
- Existe investigación académica en marcha para el -escalado de las experiencias con energía undimotriz, aunque no cuenta con los recursos para llevarlo a escala real, por lo que el proyecto ENT podría ser una vía para sustentarlo.

En relación a las potenciales reducciones de emisiones de GEI que se alcanzarían con la energía undimotriz, no es posible hacer estimaciones en términos absolutos en esta instancia, ya que esto va a depender de la escala del proyecto definitivo. Para tener una estimación se considera que los planes de expansión de la energía eléctrica en Uruguay contemplan además de las energías renovables más tradicionales, la incorporación de centrales de ciclo combinado a gas natural de 180 MW con un factor de emisión de 0.337 tCO<sub>2</sub>eq/MWh, de acuerdo a los datos proporcionados por la DNE. En base a estas consideraciones, se estima que la incorporación de esta tecnología permitiría reducir 318,4 miles de tCO<sub>2</sub>eq anuales por sustitución de una central de ese tipo.

Las proyecciones de costos a nivel comercial para este tamaño de emprendimiento son limitadas debido a la mencionada poca experiencia en la materia, pero se estima que algunos proyectos podrían estar en el rango de 330 a 630 euros/MWh, aunque se estima que para 2030 estos costos podrían bajar a 113-226 euros/MWh (IRENA, 2014).

## **Sector Residuos**

En el inventario de emisiones de GEI de 2010 presentado en el BUR 2015 (MVOTMA - SNRCC, 2015), el sector residuos contribuyó con 1.190 Gg CO<sub>2</sub>eq, que representaba en Uruguay el 3,39% del total de emisiones GEI del país.

Los tres sub-sectores que tuvieron mayor puntaje en los talleres nacionales inter-institucionales para definir prioridades según la metodología multi-criterio propuesta por la Guía ENT (Haselip, Narkeviciute, & Rogat Castillo, 2015) fueron, en el caso del sector residuos los siguientes, en orden decreciente de prioridad: residuos urbanos, efluentes de actividades productivas (industria, agroindustria y agro) y efluentes domésticos (ver gráficos de barras en Anexo 2).

Para la definición de cuál sub-sector priorizar se mantuvieron reuniones posteriores con los co-coordinadores del sector residuos (representados por el Congreso de Intendentes y la División de Cambio Climático de MVOTMA), así como con otro actor clave a nivel nacional en el tema, como es la División Planificación Ambiental de la DINAMA (Mallo & Bajsa, 2015) – MVOTMA.

Como resultado del proceso, que se desarrolla en el Anexo 6, se decidió la priorización del sector residuos sólidos urbanos (RSU), y enfocándose en mejorar las condiciones de las ciudades que hoy tienen sitios de disposición final en condiciones ambientales inadecuadas. Por otro lado, dada la experiencia exitosa de al menos 10 años en captación de biogás de relleno sanitario con generación de energía eléctrica, se considera que ya hay suficiente capacidad técnica local como para apoyar su extensión en Uruguay, y que un proyecto ENT debería explorar entonces la viabilidad de tecnologías establecidas a nivel internacional pero que no tienen desarrollo local, como la incineración con recuperación de energía (WTE), el tratamiento mecánico – biológico (MBT) y la gestión anaerobia en reactores biológicos (aplicada a RSU).

El análisis preliminar reveló que la realidad financiera de los gobiernos departamentales representa una barrera que imposibilita prácticamente cualquier solución tecnológica para la disposición adecuada y sostenible en el tiempo de sus RSU, incluyendo la ya establecida captación de biogás con quema en antorcha. Si bien la gestión de los RSU en dichas comunidades podría mejorarse con algunas medidas técnico - administrativas que no representan erogaciones importantes (OPP - Uruguay Integra, 2011), las deficiencias de infraestructura e incapacidad para cubrir los costos operativos imprescindibles no pueden obviarse.

En este contexto, y dada la recomendación de UDP de limitar a 2 o 3 sectores las propuestas en el informe TAP, hasta que no se procure una solución a nivel nacional para financiar la disposición final ambientalmente adecuada de los RSU de las ciudades del interior, no parece viable o al menos conveniente llevar adelante un proyecto ENT en este sub-sector de RSU. No obstante esta definición, el sub-sector RSU, mantiene su relevancia para el país por su impacto en las dimensiones ambiental, económica y social. La inclusión de dicho sector en la evaluación de tecnologías procura resaltar esta visión por parte de la Coordinación Nacional del Proyecto ENT, destacando la necesidad de alcanzar previamente un contexto tal que viabilice las soluciones tecnológicas. El desarrollo del análisis del sector residuos se presenta en el Anexo 6.

# CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN

## 1.1 Acerca del Proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas (ENT)

La importancia de evaluar necesidades tecnológicas para la mitigación y la adaptación al cambio climático es consecuencia de un proceso que comenzó en 2001 en el seno de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). De su Artículo 4.1c podemos citar:

*“Todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán promover y apoyar con su cooperación el desarrollo, la aplicación y la difusión, incluida la transferencia de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal en todos los sectores pertinentes, entre ellos la energía, el transporte, la industria, la agricultura, la silvicultura y la gestión de desechos” (ONU, 1992).*

Las Evaluaciones de Necesidades Tecnológicas (ENT) son parte del Programa Estratégico de Poznan sobre Transferencia de Tecnologías para cada país, sujetas a la provisión de recursos, según corresponda a las circunstancias específicas nacionales, impulsado y acordado en 2008 en la 14ava Conferencia de la CMNUCC. Finalmente, en la COP 15 (Copenhague, diciembre de 2009) se sugirió el futuro establecimiento de un Mecanismo de Tecnología “para acelerar el desarrollo y la transferencia de tecnología a favor de la acción sobre adaptación y mitigación que será guiada por un enfoque orientado al país, y se basará en circunstancias y prioridades nacionales”.

Esta serie de decisiones, en el marco de la CMNUCC, generó una segunda etapa de evaluaciones: a partir del año 2009 el FMAM dispuso el financiamiento de una nueva generación de ENT en 36 países en desarrollo, en las que se enmarca la presente evaluación para Uruguay. En este caso, la agencia de implementación es la División de Tecnología, Industria y Economía (DTIE) del PNUMA, con el apoyo de la asociación UNEP-DTU (UDP, 2016).

En base a los resultados de las ENT que los diversos países han ido presentando, la Secretaría de la CMNUCC ha elaborado tres reportes mundiales de síntesis para los años 2006, 2009 y 2013. Un nuevo reporte se realizará luego de que los 26 países restantes de esta nueva generación de evaluaciones, entre ellos Uruguay, presente sus ENT.

Los objetivos principales de la evaluación de necesidades en materia de tecnología son:

- Identificar, evaluar y ordenar por prioridad los medios tecnológicos, tanto para mitigación como para adaptación, a fin de lograr metas de desarrollo sostenible.
- Identificar barreras para el desarrollo, la transferencia y la difusión de las tecnologías prioritarias y desarrollar marcos instrumentales para superar tales barreras y facilitar la implementación de las tecnologías seleccionadas.
- Desarrollar Planes de Acción Tecnológicos (PATs) especificando planes de actividades en los niveles sectoriales y transversales para facilitar el desarrollo, la transferencia, adopción y difusión de las tecnologías prioritarias en el país en cuestión, además de incluir las ideas de proyectos para los sub-sectores seleccionados.

## 1.2 Políticas nacionales existentes y prioridades de desarrollo

### 1.2.1 Marco institucional y jurídico vigente

El marco jurídico aplicable al cambio climático en Uruguay está encabezado por la Ley General de Protección del Ambiente o LGPA (Ley N° 17.283, de 28 de noviembre de 2000), no solamente por las características propias de la materia, sino también porque dicha norma refiere en forma específica al cambio climático entre sus disposiciones especiales. En el artículo 19 de la ley, destinado al cambio climático,

reconoce al Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) “*como autoridad nacional competente*”, y hace referencia a las normas internacionales en la materia y al cometido de establecer “*las medidas de mitigación de las causas y de adaptación a las consecuencias del cambio climático*”. Es oportuno destacar que Uruguay ha aprobado la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), por la Ley N° 16.517, de 22 de julio de 1994, y el Protocolo de Kioto (1997), por medio de la Ley N° 17.279, de 23 de noviembre de 2000.

En Uruguay el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC) (SNRCC, 2016) se creó el 20 de agosto de 2009, a partir del Decreto 238/009. Su organismo rector y coordinador es el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), el cual reviste las características de multiorganidad, ser multidisciplinariedad y transversalidad. Funciona con un grupo de coordinación, una comisión asesora y subgrupos temáticos, nucleando a más de 100 instituciones públicas y privadas.

En los numerales siguientes se da información básica de los tres antecedentes de mayor relevancia a nivel nacional en relación a propuestas oficiales de medidas de mitigación de las emisiones de GEI del país.

### ***1.2.2 Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático.***

En el 2004, la entonces Unidad de Cambio Climático de la DINAMA presentó este programa conocido como PEMEGEMA (MVOTMA, 2004), junto con la Segunda Comunicación Nacional a la Conferencia de las Partes de la CMNUCC. Dicho programa fue elaborado aplicando un proceso participativo a través de grupos de trabajo sectoriales, incluyendo aproximadamente 130 participantes de 60 organizaciones públicas y privadas. Este proceso culminó con una declaración de Interés Ministerial por parte del MVOTMA de la implementación de las medidas contenidas en este programa. Entre las medidas propuestas que incluían mitigación se acordaron:

- Mejoramiento genético agrícola con fines de adaptación y también indirectamente lograr una menor intensidad de emisiones de GEI al lograr mayores rendimientos por hectárea a igual cantidad de insumos y labores empleados.
- Promover el manejo sostenible de suelos y la siembra directa en la agricultura y la producción de forrajes, para lograr mejor economías del agua (adaptación a mayor variabilidad climática) y por otro lado reducir la mineralización del carbono orgánico del suelo y así reducir las emisiones de GEI en los laboreos agrícolas.
- Fomentar el secuestro de carbono mediante forestación en productos forestales de larga duración (madera aserrada, contrachapada, etc.) y adicionalmente sustitución de combustibles fósiles por productos derivados del bosque para reducción de emisiones de GEI en la industria, calefacción de hogares, producción de energía, etcétera.
- Mejorar la dieta animal mediante aumento de praderas artificiales y campo natural mejorado, de forma de aportar a los animales una dieta menos metanogénica y con ello reducir las emisiones de esta importantísima fuente de GEI nacional.
- Sustitución de lagunas anaerobias de tratamiento de vertidos con alta carga orgánica, por procesos anaeróbicos intensivos que permitan la captación del metano para su destrucción o como aprovechamiento energético.
- Captación de metano en rellenos sanitarios, para su destrucción y/o como aprovechamiento energético.
- Promover la eficiencia energética a nivel domiciliario y comercial, de forma de reducir las emisiones de GEI que se generan por quema de combustibles fósiles.
- Mejorar la eficiencia energética en normas de construcción y en características constructivas de las edificaciones privadas y públicas que mejoren la eficiencia energética (aislación térmica, iluminación, etc.).
- Establecer auditorías energéticas en los sectores industriales y de servicios.
- Mejora de la eficiencia energética en el alumbrado público.

- Generación de energía con fuentes renovables no convencionales.
- Instalación de un parque eólico
- Producción y consumo de biodiesel.
- Optimización del sistema de transporte urbano de Montevideo.
- Utilización de gas natural comprimido en ómnibus, taxis y camiones.
- Incremento del uso de bicicletas y construcción de ciclo vías en Montevideo.
- Medidas intersectoriales:
  - Fortalecimiento institucional en materia de cambio climático.
  - Programas de educación y sensibilización de la opinión pública en materia de cambio climático.
  - Mejoramiento de las capacidades para el desarrollo y manejo de tecnologías.

### ***1.2.3. Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático (PNRCC).***

El PNRCC (SNRCC, 2010), aprobado y presentado por el Poder Ejecutivo el 24 de febrero de 2010, es el principal instrumento del SNRCC. Constituye un sistema de acuerdos y compromisos sobre un conjunto de orientaciones y directrices elaboradas en forma interinstitucional y participativa, resultado del trabajo realizado entre técnicos, gobernantes nacionales y departamentales, representantes de los sectores productivos y de la sociedad civil. Es fundamentalmente un marco estratégico que identifica las líneas de acción y medidas necesarias para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero en Uruguay y para lograr la adaptación de la sociedad y sus principales sectores de desarrollo a los impactos derivados de la variabilidad y el cambio climático.

Si bien la mitigación no es una línea de acción prioritaria para Uruguay, puesto que como país en desarrollo no posee compromisos vinculantes de reducción de emisiones, se han asumido compromisos voluntarios de reducción y se presentan en forma regular los inventarios nacionales de emisiones y absorciones de GEI, así como los planes y programas de mitigación y adaptación al cambio climático.

El PNRCC, además de incorporar medidas concretas para la reducción de emisiones en diversos sectores socioeconómicos, recomienda especialmente la implementación de proyectos de Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) como línea adicional de mitigación.

### ***1.2.4 Plan Climático de la Región Metropolitana de Uruguay (PCRM) y otras iniciativas***

El PCRM (PNUD, 2012) es el primer plan climático desarrollado a nivel sub-nacional en Uruguay, siendo también es la primera iniciativa piloto en el marco de un programa de alcance global, liderado por el PNUD, para promover un abordaje común al cambio climático y la gestión de riesgo climático en el concierto internacional. La significación de la Región Metropolitana en el país se evidencia en su población de unos 1,9 millones de habitantes, que representan el 60% de la población nacional, y en su PIB que es aproximadamente dos tercios del PIB del país.

El plan sintetiza un proceso de más de dos años de planificación participativa de numerosas instituciones e individuos, y es producto del proyecto “Cambio Climático Territorial - Desarrollo local resiliente al cambio climático y de bajas emisiones de carbono en los departamentos de Canelones, Montevideo y San José”, que contó con financiamiento del Gobierno de Quebec, del Gobierno Vasco y del Fondo Fiduciario del Programa ART del PNUD.

El plan de acción propiamente dicho está organizado en 25 líneas estratégicas para cinco sectores de actuación —Costas, Hábitat Construido y Salud, Agro-ecosistemas y Biodiversidad, Transporte, y Energía— y un sector de Apoyo Transversal a la Adaptación y Mitigación. El plan generó varios productos intermedios de gran valor, no solo como soporte y documentación metodológica del proceso en sí mismo y de las lecciones aprendidas, sino como contribución a la mejora del conocimiento y la experticia en el diseño de estrategias de desarrollo bajo en emisiones y adaptado al cambio climático.

Entre otras iniciativas recientes de interés para el Proyecto ENT pueden mencionarse dos estudios preparados para el gobierno de Uruguay: el primer estudio sobre economía verde en Uruguay (PNUMA, 2015) elaborado por el Instituto de Economía (IECON) de la Universidad de la República, en colaboración con el PNUMA, y el estudio para desarrollo bajo en carbono elaborado por la Unidad Prácticas Globales en Agricultura del Banco Mundial (World Bank, 2014) con el apoyo financiero del gobierno de España y del Energy Sector Management Assistance Program. Algunas de las oportunidades de mitigación planteadas por dichos estudios son citadas en este proyecto, tomando las estimaciones de reducción de emisiones calculadas por los respectivos autores.

### 1.2.5 Contribución Prevista Nacionalmente Determinada (CPND)

Según fue comunicado a la CMNUCC por parte de Uruguay el 29 de setiembre de 2015 (CMNUCC, 2015), el país presentó su CPND, donde asumiendo una proyección de su actual matriz productiva sin transformaciones estructurales, Uruguay prevé aportar a los esfuerzos internacionales de mitigación mediante las siguientes contribuciones, que se resumen en la [Tabla 1-1](#) (fuente: (CMNUCC, 2015))

**Tabla 1-1: Resumen de la CPND de Uruguay, discriminada por sector y por cada tipo de GEI, estimadas para 2030 en base a las emisiones nacionales en 1990**

Gas	Sector/Actividad		Metas a 2030	
			Metas de reducción porcentual de emisiones son respecto a 1990	
			Con medios propios	Con medios de Implementación adicionales
CO <sub>2</sub>	<b>Remoción neta de CO<sub>2</sub> en 2030 con medios propios,</b> <i>A través de las metas sectoriales que se explicitan a la derecha</i>	<b>UTCUTS</b>	Remover anualmente 13.200 Gg	Remover anualmente 19.200 Gg
		<b>Energía</b> (Representa 94% de las emisiones de CO <sub>2</sub> en 2010)	Reducir 25% la intensidad de Emisiones respecto del PBI	Reducir 40% la intensidad de Emisiones respecto del PBI
			Mantener las emisiones para la generación eléctrica por debajo de 40 gCO <sub>2</sub> /kWh	Mantener las emisiones para la generación eléctrica por debajo de 20 gCO <sub>2</sub> /kWh
		<b>Procesos Industriales</b> (Representa 6% de las emisiones de CO <sub>2</sub> en 2010)	Mantenerla intensidad de Emisiones respecto del PBI En el valor de referencia	Reducir 40% la intensidad de Emisiones respecto del PBI
CH <sub>4</sub>	<b>Producción de carne vacuna</b> (Representa 78% de las emisiones de CH <sub>4</sub> a 2010)		Reducir 33% la intensidad de Emisiones respecto del kg de carne	Reducir 46% la intensidad de Emisiones respecto del kg de carne
	<b>Desechos</b> (Representa 7% de las emisiones de CH <sub>4</sub> a 2010)		Reducir 44% la intensidad de Emisiones respecto del PBI	Reducir 68% la intensidad de Emisiones respecto del PBI
	<b>Otros sectores y actividades</b> (Representan 15% de las emisiones de CH <sub>4</sub> a 2010)		Reducir 45% la intensidad de Emisiones respecto del PBI	Reducir 60% la intensidad de Emisiones respecto del PBI
N <sub>2</sub> O	<b>Producción de carne vacuna</b> (Representa 61% de las emisiones de N <sub>2</sub> O a 2010)		Reducir 31% la intensidad de emisiones respecto del kg de carne	Reducir 41% la intensidad de emisiones respecto del kg de carne
	<b>Otros sectores y actividades</b> (Representan 39% de las emisiones de N <sub>2</sub> O a 2010)		Reducir 40% la intensidad de Emisiones respecto del PBI	Reducir 55% la intensidad de Emisiones respecto del PBI

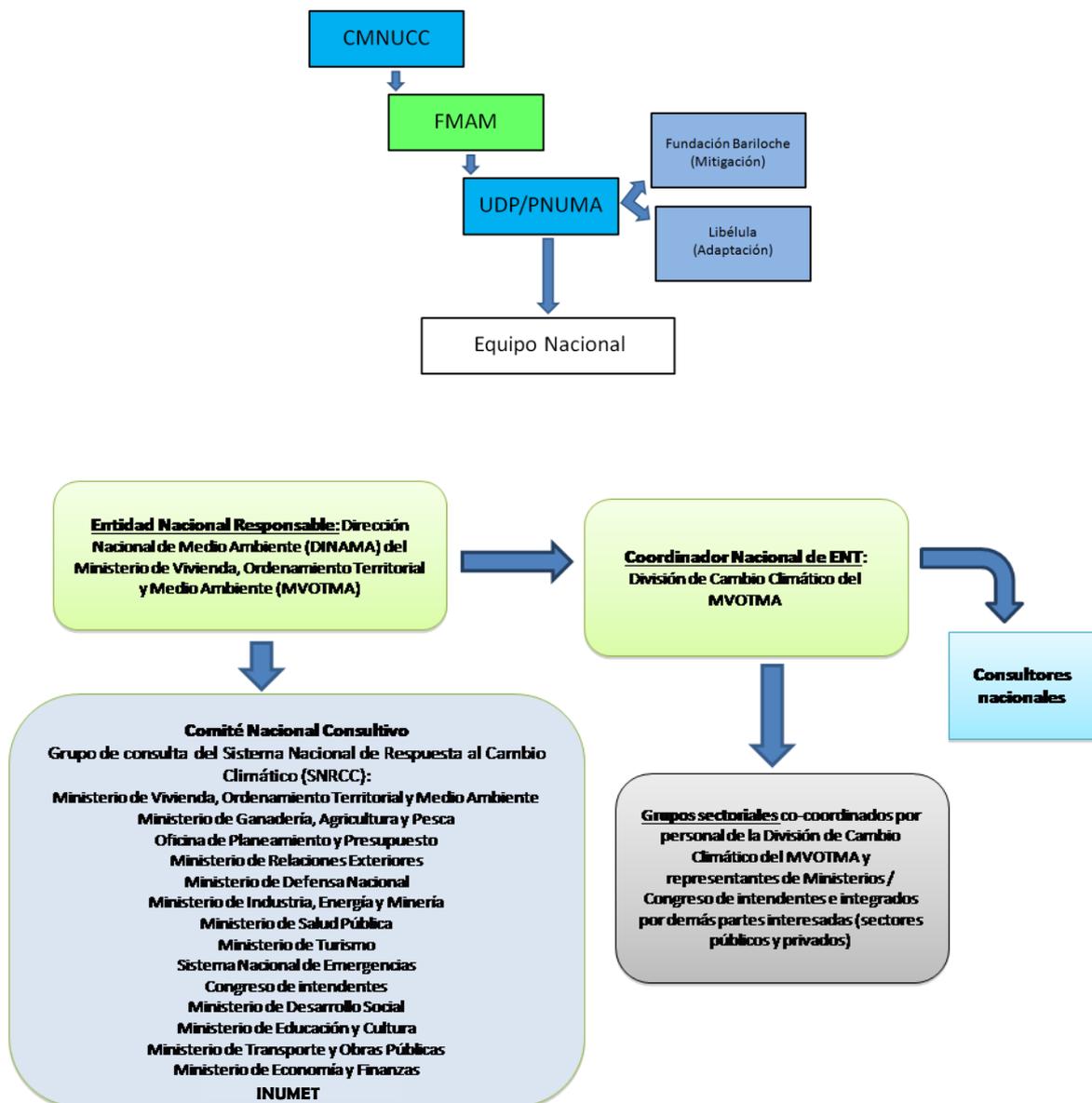
Uruguay comunicará su Contribución Nacionalmente Determinada definitiva una vez que la CMNUCC haya definido las reglas para la presentación y se hayan concretado los acuerdos para la implementación. Uruguay es un país en desarrollo, cuya economía deberá continuar creciendo para garantizar un mayor nivel de equidad en su sociedad. La contribución del país al objetivo último de la Convención se centra entonces en desarrollarse con la menor intensidad posible de emisiones, tarea que emprende paralelamente a la construcción de resiliencia.

## CAPÍTULO 2 : ARREGLOS INSTITUCIONALES

### 2.1 Equipo Nacional ENT

La conformación del Equipo Nacional que coordina la evaluación de las necesidades en materia de tecnología fue realizada por el MVOTMA, y se implementó de acuerdo a las pautas establecidas en la Guía ENT para el Cambio Climático de UDP (Haselip, Narkeviciute, & Rogat Castillo, 2015). A su vez, a partir de los compromisos de la CMNUCC el fondo del FMAM apoya al Equipo Nacional a través del UDP y los Centros Regionales especializados: Fundación Bariloche (Mitigación) y Libélula (Adaptación). En la Figura 2-1 se representa la estructura del Equipo Nacional y el marco de apoyo internacional brindado por el proyecto ENT.

Figura 2-1: Organización del proyecto ENT y conformación del Equipo Nacional



Fuente: División de Cambio Climático del MVOTMA.

Cabe señalar que como marco metodológico para establecer el Equipo ENT se utilizó la guía preparada para tal fin por UDP (Haselip, Narkeviciute, & Rogat Castillo, 2015).

### *2.1.1 Breve resumen y roles de las instituciones que conforman el Equipo Nacional*

A continuación se describe brevemente los cometidos y roles de las instituciones que forman el Equipo Nacional ENT.

#### COMITÉ NACIONAL CONSULTIVO

El **MVOTMA** es el organismo generador de políticas públicas democráticas, transparentes y participativas en materia de hábitat, que contribuyan a un desarrollo económico sostenible y territorialmente equilibrado. Es también la autoridad nacional competente a efectos de la instrumentación y aplicación de la CMNUCC y entre sus competencias alberga el establecimiento de las medidas de mitigación de las causas y de adaptación a las consecuencias del cambio climático, así como la reglamentación de las emisiones de los gases de efecto invernadero. El MVOTMA tiene un rol de articulación y coordinación de las políticas de adaptación a la variabilidad y el cambio climático y de la mitigación voluntaria de los gases de efecto invernadero, un papel que es liderado a través de la División de Cambio Climático del MVOTMA. Asimismo, el Ministerio cumple un papel coordinador para el funcionamiento adecuado del SNRCC, tanto para el grupo de coordinación, como para los grupos de trabajo de la Comisión Asesora del MVOTMA. La División de Cambio Climático DCC tiene como objetivos proponer e implementar acciones tendientes a la prevención y gestión de los riesgos, la mitigación y la adaptación al cambio climático y la protección de la capa de ozono, y promover la articulación entre actores clave, apoyando al Coordinador del Sistema de Respuesta al Cambio Climático.

Al Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca **MGAP** le compete contribuir al desarrollo permanente de los sectores agropecuarios, agroindustrial y pesquero, promoviendo su inserción en los mercados externos, basado en el manejo y uso sostenible de los recursos naturales. En 2010, el MGAP definió que la adaptación del sector agropecuario al cambio climático es una prioridad estratégica y debe ser encarada con un enfoque transversal, tanto al interior del MGAP como hacia la institucionalidad agropecuaria ampliada. La tarea de identificar, evaluar y proponer políticas relacionadas con la adaptación a la variabilidad climática es una función de la Unidad Agropecuaria de Cambio Climático, radicada en la Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA) del MGAP.

La Oficina de Planeamiento y Presupuesto **OPP** asesora al Poder Ejecutivo en la definición de la estrategia económica y social del Gobierno y en la formulación de los planes, programas y políticas nacionales y departamentales consistentes con ella, en la elaboración y evaluación en base a indicadores de desempeño de los proyectos de Presupuesto Nacional y Rendición de Cuentas, en el análisis y evaluación de los presupuestos, planes de inversión y tarifas de los organismos del artículo 221 de la Constitución de la República, en la conducción de los procesos de modernización y reforma del Estado y en la planificación de las políticas de descentralización. El cambio climático aumenta la incertidumbre al momento del diseño y la planificación de las políticas y los programas. Esto es aún mayor a la hora de buscar las respuestas que mejor se adapten a las realidades del ámbito local. Por ello, el Área de Políticas Territoriales (APT) de la OPP ha adoptado como estrategia de adaptación al cambio climático un enfoque que dé respuesta al fenómeno orientado hacia la disminución de las vulnerabilidades actuales. En este sentido, se desarrollan tres líneas de trabajo: 1) La disminución de la vulnerabilidad derivada de la calidad de la infraestructura urbana en los territorios y, por lo tanto, de la población que habita en ellos; 2) la disminución de la vulnerabilidad de sectores específicos de la población; 3) el incremento de las capacidades para incorporar el cambio climático en las políticas y los programas, así como para gestionar los riesgos de origen climático.

El Ministerio de Industria, Energía y Minería **MIEM** es responsable de diseñar e instrumentar las políticas del gobierno referidas a los sectores industrial, energético, minero, telecomunicaciones, micro, pequeñas y medianas empresas, políticas destinadas a la transformación y el fortalecimiento del aparato productivo nacional, de su matriz energética y del sistema de comunicaciones, para el desarrollo sustentable con justicia social, en el marco de la integración regional y la inserción en un mundo globalizado. La Política Energética Nacional aprobada en 2008 define lineamientos, acciones y metas que desde su diseño concibe los aspectos energéticos en su vínculo con el cambio climático, con una visión multidimensional e integrada de los factores tecnológicos, económicos, geopolíticos, ambientales, éticos, culturales y sociales.

El Ministerio de Relaciones Exteriores **MRREE** es el órgano político-administrativo del Estado encargado de planificar, dirigir y ejecutar la política exterior y las relaciones internacionales de la República, con el

objetivo último de contribuir al desarrollo económico, social y sustentable de Uruguay. Las acciones del ministerio con respecto al cambio climático establecen la vulnerabilidad social y la inclusión social como referente de actuación en el relacionamiento con otros países y con organismos internacionales. El rol del MRREE, a través de la Dirección de Medio Ambiente, es de articular, coordinar y defender en el exterior las posiciones nacionales que provienen de organismos estatales, el sector privado y la sociedad civil, tanto en las relaciones bilaterales como de las multilaterales, en organismos y negociaciones internacionales y, al mismo tiempo, servir de nexo entre estas instancias y las partes nacionales.

**INUMET**, Instituto Uruguayo de Meteorología tiene como misión prestar los servicios públicos meteorológicos y climatológicos, con el objeto de contribuir a la seguridad de las personas y sus bienes, así como al desarrollo sostenible de la sociedad, actuando como autoridad meteorológica en el territorio nacional. Coordina las actividades meteorológicas de cualquier naturaleza en el país y lo representa ante los organismos internacionales en la materia. Se relaciona activamente con los distintos sectores de la sociedad a nivel local, nacional e internacional con el fin de contribuir al desarrollo del conocimiento meteorológico y su aplicación por el bien de la sociedad.

El Ministerio de Salud Pública **MSP** tiene como misión establecer las políticas y las estrategias para el cumplimiento de las funciones esenciales de salud pública, de modo de asegurar la salud colectiva como un derecho humano básico y un bien público de responsabilidad del Estado. Debe a su vez orientar el funcionamiento del Sistema Nacional Integrado de Salud. La iniciativa busca fortalecer la capacidad de los países miembro para evaluar y monitorear la vulnerabilidad, los riesgos y los impactos sanitarios del cambio climático, a través de la definición de objetivos y medidas orientadas especialmente hacia grupos vulnerables, y favoreciendo el intercambio de información y conocimientos. Los ejes de trabajo se basan en la generación de evidencia, la sensibilización y creación de conciencia acerca de los efectos del cambio climático sobre la salud, la promoción de alianzas interdisciplinarias, el fortalecimiento de los recursos humanos, y el desarrollo de la capacidad de los sistemas de salud para elaborar, ejecutar, vigilar y evaluar medidas de adaptación al cambio climático.

El Ministerio de Turismo **MINTUR** se encarga de fijar y dirigir la política nacional de turismo considerando su relevancia económica, cultural y social. Algunos de sus cometidos son el fomento de la industria turística, la coordinación del turismo, la atención al turista y la creación de zonas turísticas. Cuenta a su vez con un grupo de Turismo y Cambio Climático, que impulsa la articulación transversal de los enfoques de adaptación y mitigación frente a este fenómeno, reconociendo que el turismo es un sector económico altamente sensible al clima. La gestión y la planificación turística de nuestro país están incorporando el conocimiento y la comprensión de los fenómenos climáticos. Se evidencia que es crucial la participación del sector en la formulación e implementación de políticas públicas de respuesta al cambio climático y la variabilidad.

El Congreso de Intendentes **CI** es un organismo público creado por el artículo 262 de la Constitución de la República. Su objetivo institucional es la coordinación de las políticas de los gobiernos departamentales y la celebración de convenios con el Poder Ejecutivo, Entes Autónomos y Servicios Descentralizados, la organización y la prestación de servicios y actividades propias o comunes, tanto en sus respectivos territorios como en forma regional o interdepartamental. Respalda y promueve la realización de procesos de implementación de acciones de respuesta ante el cambio climático.

El Sistema Nacional de Emergencias **SINAE** se creó por decreto en 1995 y por ley en 2009. La ley 18.621 de creación del SINAE lo define como un sistema público de carácter permanente. Su finalidad es la protección de las personas, los bienes de significación y el medio ambiente ante el acaecimiento eventual o real de situaciones de desastre, mediante la coordinación conjunta del Estado con el adecuado uso de los recursos públicos y privados disponibles, de modo de propiciar las condiciones para el desarrollo nacional sostenible. Su funcionamiento se concreta en el conjunto de acciones de los órganos estatales competentes dirigidas a la prevención de riesgos vinculados a desastres de origen natural o humano, previsibles o imprevisibles, periódicos o esporádicos; a la mitigación y atención de los fenómenos que acaezcan; y a las inmediatas tareas de rehabilitación y recuperación que resulten necesarias. Con respecto al cambio climático, se avanzó desde el énfasis inicial en la mitigación, es decir, en la reducción de los factores antropogénicos que lo producen, hacia un fortalecimiento de la adaptación, es decir, el ajuste de los sistemas naturales y humanos a cambios experimentados y futuros en el clima. En este contexto de convergencia se reconoce que

muchas de las actividades que implementa el SINAE son también acciones de adaptación al cambio climático.

El Ministerio de Desarrollo Social **MIDES**, es el responsable de las políticas sociales nacionales, así como la coordinación - tanto a nivel sectorial como territorial -, articulación, seguimiento, supervisión y evaluación de los planes, programas y proyectos, en las materias de su competencia, propendiendo a la consolidación de una política social redistributiva de carácter progresivo. Asimismo, es misión de este ministerio contribuir al desarrollo de escenarios de participación social. Es claro el impacto del cambio climático en las poblaciones más vulnerables, y es el MIDES quien maneja una visión integral de las vulnerabilidades sociales.

El Ministerio de Educación y Cultura **MEC** es el responsable de la coordinación de la educación nacional; de la promoción del desarrollo cultural del país; de la preservación del patrimonio artístico, histórico y cultural de la nación; de la innovación, la ciencia y la tecnología y de la promoción y fortalecimiento de la vigencia de los derechos humanos. Además es responsable del desarrollo del sistema multimedia de comunicación estatal y de impulsar el acceso digitalizado de toda la información a la población. También es responsable de la formulación y coordinación de políticas respecto de la defensa judicial de los intereses del Estado y de asegurar la información necesaria para la correcta aplicación del derecho.

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas **MTOP** tiene entre sus roles el definir las políticas vinculadas al transporte, a hidrografía, a topografía y a vialidad. Se vincula con la temática principalmente por los aportes del transporte a la GEI. De acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de GEI 2010, la quema de combustibles en el sector transporte es responsable del 8,7% de las emisiones de GEI y de aproximadamente la mitad de las emisiones de CO2 totales del país: 3.076 Gg CO2, equivalentes al 48% del total en 2010.

El Ministerio de Economía y Finanzas **MEF** es el organismo encargado de la administración de la economía y las finanzas del Estado y el país. Su cometido principal es ejercer la conducción superior de la política nacional en materia económica y financiera. Los objetivos y metas del MEF están directamente vinculados a los resultados económicos generales, con sus consecuencias en materia de salario, empleo, prestaciones sociales y acceso a los sistemas educativos, salud, etc.

Al Ministerio de Defensa Nacional **MDN** le compete el conjunto de actividades civiles y militares dirigidas a preservar la soberanía y la independencia de nuestro país, a conservar la integridad del territorio y de sus recursos estratégicos, así como la paz de la República, en el marco de la Constitución y las leyes; contribuyendo a generar las condiciones para el bienestar social, presente y futuro de la población.

### GRUPOS SECTORIALES

Por medio de los Grupos Sectoriales el Equipo Nacional se asegura contar con una integración flexible, multisectorial y multidisciplinaria. Estos grupos cuentan con representación de los organismos del Estado responsables de la formulación e implementación de políticas de desarrollo y de cambio climático, pero según las necesidades particulares de cada sector también pueden integrar a la academia, institutos tecnológicos y de investigación, el sector privado y otros actores sociales. Cada grupo es co-coordinado entre el MVOTMA y entidades representativas de las temáticas a tratar. En la [Tabla 2-1](#) se muestran las correspondientes co-coordinaciones para cada sector.

**Tabla 2-1 Co-coordinación de los diferentes sectores considerados como prioritarios**

Sectores	Co-coordinación
Energía e industria	MVOTMA-MIEM
Transporte	MVOTMA-MTOP
Agropecuario	MVOTMA-MGAP
Residuos	MVOTMA-Congreso de intendentes
Recursos hídricos	MVOTMA-DINAGUA
Hábitat urbano y salud	MVOTMA-MSP-DINAVI (MVOTMA)
Ecosistemas terrestres y costeros	MVOTMA-Congreso de intendentes

Fuente: División de Cambio Climático del MVOTMA.

## CONSULTORES NACIONALES

Los consultores nacionales designados por el coordinador nacional de ENT son el Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática (CIRCVC) de la Universidad de la República (UdelaR) para las tecnologías de adaptación, y el LATU para las correspondientes a mitigación. La conformación y antecedentes en la temática de cambio climático de dichas instituciones aseguran una amplia variedad de capacidades para abordar la evaluación de necesidades tecnológicas en los distintos sectores. La participación directa en el equipo consultor de la academia y de una institución público-privada como el LATU, dirigida por actores muy relevantes como el MIEM y la Cámara de Industrias, es considerada una fortaleza del proyecto.

### **2.2 Involucramiento de partes interesadas**

A los efectos de asegurar la máxima participación posible de los actores relevantes, la División Cambio Climático del MVOTMA, coordinador nacional de ENT, recurrió a algunas de las herramientas propuestas en la Guía ENT (Haselip, Narkeviciute, & Rogat Castillo, 2015), como la realización de talleres y la circulación de documentos, en los que se informó a los participantes y se introdujeron los procesos de consulta.

El lanzamiento del proceso de ENT se realizó el 7 de agosto de 2014 en el Taller sobre Ciencia y Tecnología y Cambio Climático organizado por el SNRCC. Posteriormente, la Coordinación Nacional de ENT solicitó a diversas instituciones nacionales la designación de co-coordinadores a los efectos de colaborar en todos los aspectos organizativos.

Durante el año 2014 se realizaron dos reuniones entre co-coordinadores con la finalidad de explicar el proceso de ENT y organizar los talleres por sectores. A dichos talleres se invitaron a actores representativos de cada sector y a partes interesadas de carácter más general, a los efectos de que participaran en las discusiones y brindaran sus aportes. En el Anexo 2 se indica la lista de instituciones participantes.

### **2.3. Proceso, criterios y resultados generales de la selección de sectores de la ENT**

#### ***2.3.1 Priorización preliminar de sub-sectores***

La División de Cambio Climático (DCC) del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de Uruguay, a partir de la preparación del primer inventario de GEI y de la Primera Comunicación Nacional a la Conferencia de las Partes en la CMNUCC, ha trabajado en el tema por más de 20 años con una serie de instituciones locales. Durante estos años se han incorporado nuevos actores que se fueron identificando para las distintas actividades que ha ido desarrollando la DCC, lo que determina un muy buen conocimiento por parte de ésta de las partes interesadas. Este conocimiento del medio generado en años de trabajo asegura que las convocatorias de la Coordinación Nacional de ENT a los talleres contemple las principales visiones de los actores en el tema, más allá de que aspectos muy específicos de los proyectos requieran la opinión de nuevos actores a incorporar en instancias posteriores.

Análogamente a lo que se menciona en el párrafo anterior, los sectores que se definieron para trabajar en el proyecto ENT (agropecuario, ecosistemas, energía e industria, hábitat urbano y salud, recursos hídricos, residuos, transporte) surgen del trabajo de años de la DCC, y que se adaptan a la institucionalidad local. De esta forma, se opta por ejemplo en mantener el sector transporte separado del sector energía, aun cuando en otras ocasiones es considerado en forma conjunta.

El primer taller por sectores se realizó el 17 de setiembre de 2014, en el hotel Holiday Inn, en Montevideo, en una jornada completa. En este taller se establecieron los criterios ambientales, económicos, sociales y

transversales en base a los cuales seleccionar y priorizar en forma preliminar los subsectores y problemas derivados del cambio climático. Los criterios definidos para selección de subsectores fueron los siguientes:

#### **Transversales**

- Bienestar humano
- Articulación con planes y programas existentes
- Existencia de sinergias entre mitigación y adaptación
- Disponibilidad y demanda de tecnologías e infraestructuras
- Obtención de resultados aplicables a futuro
- Manejo sostenible de recursos naturales

#### **Ambientales**

- Potencial de reducción de emisiones de GEI
- Potencial de adaptación y/o contribución de reducción de la vulnerabilidad
- Protección de la biodiversidad y aumento de la resiliencia en los ecosistemas
- Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, considerando cuencas y acuíferos como unidad de trabajo
- Gestión sostenible de suelos
- Gestión integrada de la zona costera

#### **Económicos**

- Impactos en las cuentas nacionales
- Grado de externalidades en el resto de la economía
- Impacto en la producción y el empleo
- Potencial de innovación y desarrollo científico
- Suministro de energía a precios competitivos privilegiando las fuentes renovables
- Uso eficiente de la energía
- Aseguramiento de la disponibilidad de agua para el desarrollo y su uso eficiente

#### **Desarrollo social**

- Mejora de las condiciones de vida (salud, vivienda y educación) de la población
- Acceso a la información relacionada con el impacto directo del cambio climático y las estrategias de respuesta y adaptación
- Reducción de la vulnerabilidad social, incluyendo el enfoque de género
- Potencial de desarrollo local y transferencia de tecnologías
- Desarrollo de ciudades sostenibles
- Acceso a energía segura y de calidad.
- Acceso a agua potable y saneamiento

El Segundo taller de evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático (ENT) tuvo lugar el 28 de octubre de 2014 en el mismo lugar en Montevideo, durante media jornada. Los participantes puntuaron el impacto en cada subsector según los criterios definidos en el primer taller. La ponderación de los criterios fue fijada igual a 1 para todos, dejándose para una instancia posterior la posibilidad de fijar distintos valores.

La escala usada para la puntuación del impacto de aplicación de tecnologías en cada subsector fue de 0 a 5, según la siguiente valoración:

0 — sin beneficios  
1 — apenas deseable

3 — moderadamente deseable  
4 — muy deseable

En ambos talleres participaron aproximadamente 60 representantes de 45 instituciones y empresas de Uruguay, los cuales dispusieron de las siguientes publicaciones:

- Tercera Comunicación Nacional a la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
- Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Uruguay
- Plan Climático de la Región Metropolitana
- Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático

Adicionalmente se dispuso de acceso a Internet para consultar en línea las páginas de ENT, ClimateTechWiki y el manual para realizar una evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático.

En el Anexo 2 se presentan los puntajes que se otorgaron en el segundo taller ENT a los subsectores definidos para cada sector.

### *2.3.2 Priorización definitiva de los sub-sectores*

Sobre la base de los resultados obtenidos en los dos primeros talleres de 2014, la Coordinación Nacional puso a consideración de los grupos sectoriales tres criterios para la selección de los subsectores sobre los cuales enfocarse:

- Todos los sectores deben tener un subsector priorizado
- Preferir subsectores con aspectos comunes a más de un sector
- Equilibrar el número de subsectores con tecnologías de adaptación y de mitigación.

De acuerdo a las sugerencias realizadas por los consultores regionales de Fundación Bariloche en el Taller Regional para Latinoamérica y El Caribe de capacitación en la metodología ENT (1-3 de julio de 2015, Lima, Perú), el proyecto ENT debería culminar en no más de 2 o 3 ideas de proyecto. En función de esto, de los 7 sectores mencionados en 3.1.1 se pasa ahora a analizar sólo 4 sectores (agropecuario, energía e industria, transporte y residuos), dejando para una instancia posterior la selección definitiva de los 2 o 3 sectores sobre los cuales desarrollar las ideas de proyecto. Los 4 sectores seleccionados coinciden con los que históricamente el país consideró para presentar sus propuestas de mitigación de emisiones, lo que está sustentado en gran medida por sus emisiones de GEI, como se muestra en la sección 3.2. No obstante esta limitación, es importante destacar que los sectores no priorizados (ecosistemas, hábitat urbano y salud, recursos hídricos) pueden eventualmente ser alcanzados en forma transversal por las medidas de mitigación planteadas para los 4 sectores seleccionados.

Los consultores designados convocaron reuniones con los co-coordinadores de cada uno de los sectores (ver en el Anexo 2 el detalle de estas reuniones), y con la supervisión de la Coordinación Nacional se discutieron los subsectores a priorizar, tomando como base los tres primeros sub-sectores puntuados de cada sector en los talleres interinstitucionales (ver Anexo 2). Se agregaron entonces a los recién mencionados criterios propuestos por la Coordinación Nacional la consideración de los siguientes aspectos:

- Las políticas y los planes más concretos ya existentes a nivel estatal: se procura alinear el proyecto ENT con los planes existentes, y dentro de éstos, si se considera que ya se cuenta con recursos suficientes (materiales, humanos, normativos y de organización), se opta por priorizar los que se visualizan con más carencias.
- El contexto público-privado: por ejemplo, se descartan sub-sectores si se prevé que posibles medidas de mitigación en determinado sub-sector pueden ser abordadas en el corto o mediano plazo por el sector privado (en función de mecanismos de incentivo o penalización), o si por un análisis preliminar de barreras se estima que el riesgo de que éstas inviabilicen el proyecto ENT en dicho sub-sector es muy significativo,

- Las propuestas nacionales a nivel de las Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (INDC por su sigla en inglés, Intended National Determined Contributions): se procura mantener coherencia entre las propuestas de mitigación a nivel nacional.
- Las emisiones de GEI asociadas a los sub-sectores. Este es un aspecto de especial relevancia para las medidas de mitigación (aunque claramente no es el único), y ya había sido considerado dentro de los criterios ambientales del análisis multicriterio (ver 3.1.1) para puntuación de los sub-sectores, así como para la selección de los sectores en sí.

Como resultado de todo el proceso anterior, los subsectores que se seleccionaron para continuar con el proceso de priorización de tecnologías para mitigación de cambio climático fueron los siguientes:

- SECTOR AGROPECUARIO. Subsector ganadería de carne y lana
- SECTOR ENERGÍA E INDUSTRIA. Subsector energías renovables
- SECTOR TRANSPORTE. Subsector carretero pasajero vehicular particular
- SECTOR RESIDUOS. Subsector residuos sólidos urbanos

En el numeral siguiente, así como en los respectivos reportes sectoriales de los capítulos 3 a 6, se amplía la información que sustentó la selección de estos subsectores.

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

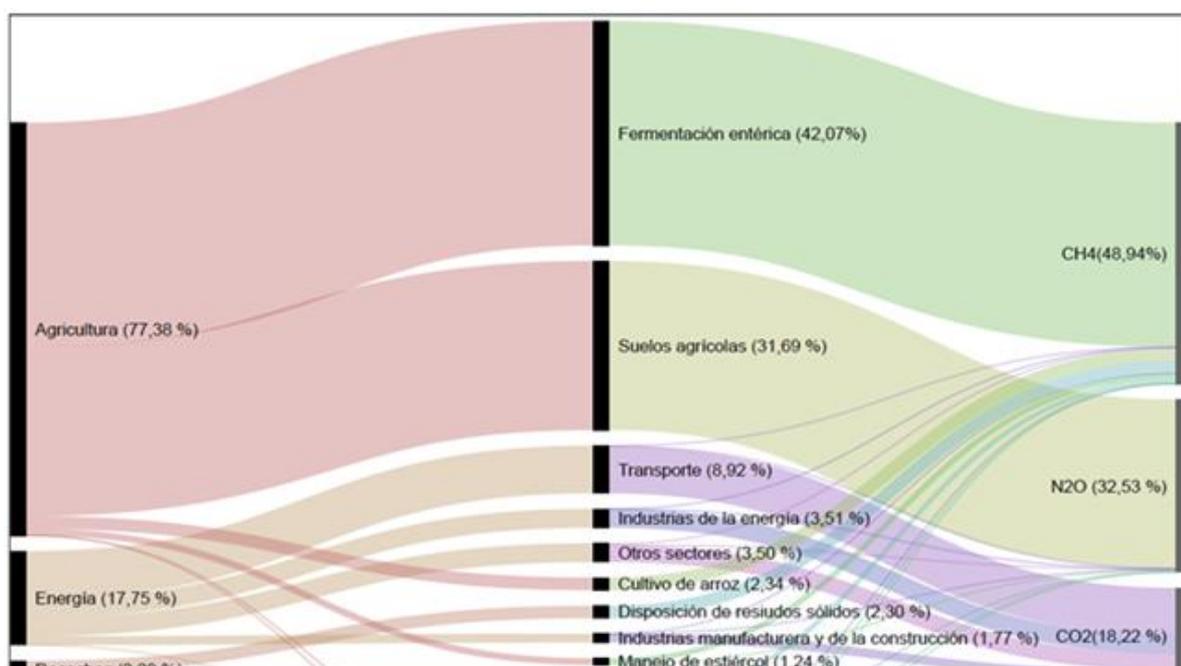
La contribución a las emisiones de GEI es uno de los factores de mayor peso para la selección de los sectores y subsectores a priorizar en la mitigación del cambio climático. De acuerdo al Inventario Nacional de GEI (INGEI) 2010 presentado en el Informe Bienal de Actualización (BUR por su sigla en inglés) para Uruguay (MVOTMA - SNRCC, 2015), en el año 2010 las emisiones totales netas de GEI para Uruguay, medidas usando el PCA a 100 años, fueron de 35.859,31 Gg CO<sub>2</sub>eq, lo que representa el 0,07% de las emisiones mundiales de GEI antropogénicos. Para dicha estimación se consideró el valor de emisiones mundiales para 2010 reportadas por IPCC2 (49 Gt CO<sub>2</sub>eq). En la [Figura 2-2](#) puede verse la distribución de emisiones nacionales por sector, categoría y GEI. Si bien este estudio está basado en la métrica del PCA, Uruguay en el BUR está considerando emplear la métrica alternativa del PTG para orientar las políticas de mitigación.

## 2.5. Proceso de priorización de tecnologías

### 2.5.1 Instancias de discusión con actores claves

A partir de la definición de los 4 sub-sectores sobre los cuales se continuaría trabajando en el proyecto ENT, el proceso de priorización de tecnologías en dichos sub-sectores se realizó a través de distintas instancias de discusión con actores claves. Dentro de éstas se encuentran las mismas reuniones con los co-coordinadores donde se definieron los sub-sectores (detalladas en el Anexo 2), y en algún caso entrevistas con referentes en la temática (por ejemplo, el 24/09/15 con integrantes del IMFIA para información sobre desarrollo local de la energía undimotriz).

**Figura 2-2: GEI de Uruguay para el 2010, subdivididos por sectores y sub sectores**



Fuente: (MVOTMA - SNRCC, 2015)

### **2.5.2 Información de base para el proceso**

La información de base que se puso a consideración en el proceso de priorización de tecnologías surge en primera instancia de tres vertientes:

1. Los documentos guía elaborados a nivel internacional que compilan el estado actual de las alternativas tecnológicas para mitigación del cambio climático en los distintos sectores.

En particular se destacan las *TNA Guidebook Series - Technologies for Climate Change Mitigation* (UDP, 2012) para los sectores agropecuario y transporte, el *ISWA White Paper – Waste and ClimateChange* (ISWA, 2009) para el sector residuos, en tanto que para el sector energía se emplearon el *Renewables 2015 Global Status Report* de REN21 (REN21, 2015) y los *Technology Briefs* de IRENA (IRENA, 2014).

2. Los estudios recientes a nivel nacional sobre las alternativas para mitigación de las emisiones de GEI en los sectores más relevantes por su contribución a éstas.

Estos estudios ya se mencionaron en las secciones 1.2.2 a 1.2.4, e incluyen el realizado por el PNUD en 2012 con el Plan Climático de la Región Metropolitana (PCRM) (PNUD, 2012), el del Banco Mundial de 2014 con las Opciones de Crecimiento Bajo en Carbono para Uruguay (LCDU) (World Bank, 2014), el de Economía Verde de PNUMA de 2014 (PNUMA, 2015), y las propuestas para el INDC elaboradas en 2015 (MVOTMA - SNRCC, 2015).

3. Diversas publicaciones (informes de proyectos, reportes anuales y planes ministeriales, artículos en revistas científicas, presentaciones en seminarios, etc.) que brindan información actualizada y específica vinculada a la situación local de las distintas tecnologías de mitigación aplicables a los sectores seleccionados.

Si bien el análisis multicriterio propuesto en la metodología ENT con las dimensiones clásicas de la sostenibilidad (ambiental, social y económica) se aplicó directamente sólo para la selección preliminar de sub-sectores, dichas dimensiones están contempladas en al menos algunos de los estudios mencionados en el punto 2, los que fueron tomados ahora como referencia para la selección de tecnologías. De la misma forma, el número más acotado de actores que intervienen en la instancia de priorización de tecnologías del proyecto ENT se compensa por todo el proceso participativo con los principales actores de los sectores público y privado, así como del académico y tecnológico, que implicaron los estudios previos de tecnologías de mitigación, los cuales contaron con más tiempo para su desarrollo. A continuación se describe brevemente la metodología empleada en dichos estudios.

El **PCRM** se hizo como piloto del programa TACC (Enfoque Territorial al Cambio Climático, sigla en inglés) de PNUD, PNUMA, UNITAR, ONU-HABITAB y FNUDC, y Green, Low-Emission and Climate-Resilient Development Strategies (Green LECRDS), de PNUD. La metodología empleada para el PCRM se basó entonces en la de dichos programas, requirió un proceso de 2 años, y se desarrolló en 3 componentes:

1. Plataforma de Políticas de Asociación: corresponde a la identificación de actores locales clave (incluye oficiales y técnicos de gobiernos locales y nacionales, comunidad organizada y organismos de la sociedad civil, técnicos expertos, e inversores del sector privado, entre otros) y la construcción de ámbitos para el diálogo y la generación de acuerdos, con un enfoque de planificación participativa.
2. Plataforma de Perfiles y Estrategias de Cambio Climático: lleva a cabo una evaluación del impacto del cambio climático en su territorio, para establecer estrategias de mitigación y adaptación a mediano y largo plazo.
3. Plataforma de Políticas e Inversiones: identifica la combinación más apropiada de instrumentos para conseguir los objetivos planteados, con la priorización y selección de acciones y su evaluación económico-financiera.

Por otra parte, el estudio **LCDU** del Banco Mundial sigue el marco organizacional y metodológico de otros estudios de crecimiento bajo en carbono de dicho organismo, con un enfoque multi-sectorial para identificar las opciones de desarrollo bajo en carbono más promisorias en cada sector y comparando los sectores entre sí. Se realizaron estudios en profundidad para cada sector, cuantificando costos y beneficios de cada oportunidad de minimización del carbono. El análisis económico utilizado en este estudio emplea un marco estándar de costo-efectividad en todas las intervenciones sectoriales, calculando el valor actual neto de los costos económicos y beneficios de cada intervención entre 2012 y 2035, para así llegar al “costo neto” (por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente) de reducir las emisiones a través de dicha intervención. Todos los costos y beneficios son comparados con un escenario de “línea de base”, que es el que se estima ocurriría si no se tomara ninguna acción de mitigación. El estudio distingue entre beneficios y costos privados y públicos (externalidades).

En el estudio de **Economía Verde** en Uruguay se identificaron cinco sectores clave en base a criterios económicos, sociales y ambientales: agricultura, ganadería, industria, turismo y transporte. La selección se realizó a través de un procedimiento participativo con delegados de los ministerios que forman parte del comité técnico establecido para dar seguimiento al estudio. En forma posterior a la selección de los sectores, se identificaron una serie de problemas clave a ser considerados, proponiéndose intervenciones de “enverdecimiento” que contribuyan a mitigarlos, mientras apoyan la transición hacia una economía verde. A su vez, se determinaron los impactos esperados de tales intervenciones y las inversiones necesarias para implementar las políticas. El impacto de las políticas de economía verde en el largo plazo (2014-2035) se determinó mediante el uso del modelo de simulación T21, desarrollado por el Millennium Institute. Este modelo permite la comparación de un conjunto de indicadores de interés en un escenario verde en relación a un escenario base o “business as usual”.

Por último, las propuestas del **INDC** de 2015 definen los lineamientos y compromisos políticos más actualizados del país en materia de reducción de GEI, aunque los objetivos del proyecto ENT pueden apuntar a complementar éstos, a través del desarrollo de capacidades no existentes en el país.

Tomar como punto de partida los estudios antes mencionados permite avanzar sobre la base de propuestas sólidas que ya tienen a priori un alto grado de consenso, facilitando su validación en el SNRCC, órgano con mayor representatividad a nivel nacional en el tema Cambio Climático.

### ***2.5.3 Evaluación de tecnologías en el contexto actual y de los objetivos del proyecto ENT***

Si bien los estudios tomados como base son muy recientes, el contexto político, institucional y público – privado puede haber tenido cambios en poco tiempo que afecten la viabilidad de adaptación de las tecnologías al medio local, o que determinen un cambio en la conveniencia de apoyar determinada tecnología a través de un proyecto ENT. Como ejemplo de estos cambios de corto plazo puede mencionarse la generación de energía fotovoltaica, que en 3 años se multiplicó por 5, alcanzando en pocos años una evolución local que superó las expectativas. Los criterios aplicados en esta instancia son similares a los planteados en la priorización definitiva de los sub-sectores, y su aplicación en cada sector se discutió en las respectivas reuniones con co-coordinadores.

Por otra parte, los proyectos ENT pueden apoyar desarrollos tecnológicos estratégicos que no fueron contemplados por los estudios tomados como referencia, como sucede con las energías renovables que se

evaluaron en este proyecto. Pueden entonces emplearse criterios específicos para algunos sectores, que se describen en las secciones correspondientes a éstos.

#### 2.5.4 Definición de las tecnologías priorizadas

Los consensos de propuestas surgidos para cada sector en las reuniones con los co-coordinadores se plantearon en reuniones plenarias con todos los sectores y el Director de Cambio Climático del MVOTMA (10/09/15 y 11/11/15, en la sala de reuniones de DINOT), para recibir los aportes transversales desde otros sectores y validar las propuestas en representación del SNRCC. Con dichos aportes, la validación final se hizo en reuniones con los co-coordinadores de los sectores seleccionados y el Director de Cambio Climático, los días 16/11/15 (Energía y Transporte) y 18/11/15 (Agropecuario).

## CAPÍTULO 3 : SECTOR AGROPECUARIO

Uruguay tiene un fuerte potencial para reducir las emisiones por unidad de producción mediante la mejora de la eficiencia de la producción agrícola. Hay una gran cantidad de posibles intervenciones de baja emisión de carbono disponible en el sector agrícola, principalmente enfocado en la mitigación de gases de efecto invernadero distintos del CO<sub>2</sub> (metano y óxido nitroso). A diferencia de varios países de América Latina, la reducción de emisiones por control de la deforestación y de la degradación forestal (REDD) no es una estrategia de bajo carbono importante en Uruguay. La razón es que Uruguay se encuentra dentro del Bioma Pampeano, donde la presencia de bosques naturales es históricamente escasa. Sin embargo, la expansión de la superficie forestal artificial en zonas de antiguas praderas sigue siendo potencialmente una amplia medida de mitigación.

En el Anexo3 se describe brevemente la situación actual del sector agropecuario en Uruguay.

### 3.1 Emisiones GEI y tecnologías existentes para el sector agropecuario

En el último BUR (2015) con datos del INGEI 2010 (MVOTMA - SNRCC, 2015), se indica, para ese año de cierre, que la mayor fuente de emisiones nacionales corresponde al CH<sub>4</sub> proveniente a la categoría agricultura, con 756,07 Gg. Considerando el Potencial de Calentamiento Atmosférico del CH<sub>4</sub> de 21, dichas emisiones representan 15.877,47 Gg de CO<sub>2</sub>eq, superando al total del resto de las emisiones nacionales agrupadas. El peso de las emisiones del sector agropecuario en el inventario nacional puede visualizarse también si se las compara con el total de emisiones de CO<sub>2</sub>, que no alcanzan a la mitad de aquellas: 6.370,54 Gg, 93% de las cuales proviene de las quemaduras de combustibles fósiles computadas en el sector energía. A su vez, hubo reducciones o compensaciones por 3643.5 Gg de CO<sub>2</sub>, provenientes en su totalidad de aumento de la biomasa de bosques implantados con fines comerciales.

Del total de emisiones de CH<sub>4</sub> de la categoría agricultura, solamente la fermentación entérica del ganado aportó el 92%, por lo que en este reporte se identifica a este sector como el más prioritario en cuanto a las posibles medidas de mitigación que Uruguay deba emprender con el fin de contribuir al objetivo común internacional de lucha contra el cambio climático. Dentro del sector ganadero, según estimaciones realizadas para el 2015 (Clariget, Montossi, Ciganda, & La Manna, 2015), el ganado vacuno aporta el 94% de las emisiones contra tan sólo el 6% del ganado ovino.

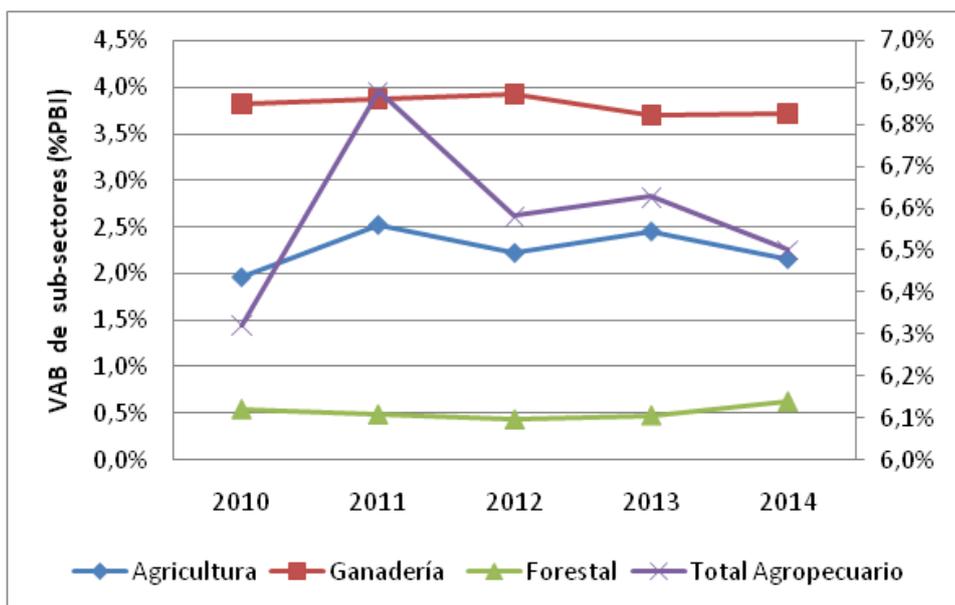
### 3.2 Importancia del sector agropecuario en la economía nacional

De acuerdo a los últimos datos disponibles, el sector agropecuario representó en el 2014 el 6.5% del PBI de la economía (BCU, 2014). En los últimos años el sector agropecuario experimentó un fuerte dinamismo, con una tasa de crecimiento del valor agregado bruto (VAB) del sector del 5% anual durante el período 2010-2014, superior al crecimiento registrado en el PBI de la economía (4.3%).

**Tabla 3-1: VAB del sector agropecuario (en miles de pesos constantes de 2005)**

	2010	2011	2012	2013	2014	Tasa de crec. anual
Agricultura	11,096,111	14,902,282	13,690,459	15,764,270	14,441,075	<b>6.8%</b>
Ganadería	21,639,516	22,877,828	24,209,019	23,780,905	24,964,558	<b>3.6%</b>
Forestal	3,075,768	2,873,807	2,664,624	3,057,950	4,182,228	<b>8.0%</b>
<b>Total sector agropecuario</b>	<b>35,811,396</b>	<b>40,653,917</b>	<b>40,564,102</b>	<b>42,603,125</b>	<b>43,587,861</b>	<b>5.0%</b>

**Figura 3-1: Participación del VAB de los sub-sectores agropecuarios en el PBI de la economía (en base a miles de pesos constantes de 2005)**



Fuente: Elaboración propia a partir de información del Banco Central del Uruguay.

Con respecto a la estructura del valor agregado bruto del sector, la ganadería representa la actividad más importante, con una participación del 57% del VAB agropecuario, seguida en importancia por la agricultura con el 33% del VAB del sector. Como demuestran estos guarismos, la ganadería tiene un enorme peso en la economía nacional, que influye significativamente en aspectos sociales como generación de empleo y radicación de la población rural, sobre todo en los sectores más vulnerables de dicha población. Cualquier acción que contribuya a una mayor eficiencia productiva y mejores situaciones de competitividad en los mercados internacionales, tendrá enormes repercusiones socioeconómicas para Uruguay.

### 3.3 Contexto de la decisión

Como se puede concluir de las secciones anteriores, la ganadería es el subsector del agro más estancado técnica y productivamente, y, a su vez, es un importantísimo rubro a nivel de aporte al PBI nacional y una de las principales fuentes de empleo rural.

Asimismo, las emisiones de metano por la fermentación entérica del ganado vacuno se constituyen como la principal fuente de emisiones de GEI de Uruguay. Esto explica por qué en el proceso de ENT realizado en Uruguay la ganadería bovina fue el subsector seleccionado como prioritario dentro del sector agropecuario. Más específicamente dentro de la producción ganadera bovina, se decidió excluir la producción lechera debido a tres razones principales:

- Participación minoritaria en las emisiones de GEI. Según las últimas cifras censales nacionales (MGAP, 2011) en 2011 en el país existían 10.740.228 cabezas de ganado vacuno contra 744.909 de ganado lechero.
- Por el tipo de dieta más rica en granos y con aporte fibroso de mayor contenido nutritivo, las emisiones por animal empleada en lechería, a igual peso vivo, son significativamente menores, por cabeza, que para el ganado de carne.
- La lechería, dentro de la producción pecuaria, ha sufrido un proceso de intensificación y tecnificación que la acercan más al techo técnico-productivo, y de optimización en la gestión de los recursos naturales, en comparación con la producción bovina de ganado de carne, por lo que las necesidades tecnológicas en mitigación y adaptación también son menores que para el caso de la ganadería de carne.

A principios de la década de 1960 el gobierno tomó conciencia de la necesidad de mejorar la productividad de los sistemas ganaderos. Esto impulsó el desarrollo del "Instituto Plan Agropecuario", un programa de extensión a nivel país apoyado por la investigación nacional. De esta forma Uruguay comenzó a alentar el aprendizaje y a formar profesionales tomando en cuenta referentes en sistemas de producción animal, principalmente en Nueva Zelanda y Australia (Becoña & Wedderburn, 2010). En esta época, los productores comenzaron a utilizar las nuevas tecnologías para la producción y se aplicaron nuevas prácticas de manejo, tales como la resiembra o inclusive la instalación de praderas artificiales con especies de leguminosas introducidas de mayor valor nutritivo (*Trifolium* spp., *Lotus* spp., etcétera).

Sin embargo, la aplicación de estos paquetes tecnológicos en muchos casos no produjo los resultados económicos esperados. Por un lado, eran altamente dependientes de insumos de importación (fertilizantes, semillas, agroquímicos) y también del precio del petróleo a nivel internacional para su instalación en el campo, debido a la gran intensidad de laboreos y tareas mecanizadas implicada en el paquete tecnológico. Situaciones como la crisis del petróleo en los años setenta, o períodos en los que el precio de la carne a nivel internacional era bajo en relación a esos otros factores de producción, fueron desfavorables para los productores que optaron por estos paquetes productivos.

Por otro lado, si bien la siembra de estas leguminosas introducidas fue exitosa desde el punto de vista edáfico, la mayor variabilidad climática de Uruguay en relación a sus climas de origen, sobre todo en lo referente a los largos períodos de sequía que en nuestro país pueden ocurrir en cualquier época del año, determinó también importantes fracasos productivos. Durante las frecuentes sequías estivales, estas praderas poli-anales, muchas veces se “quemaban” en su primer año de instalación, generando severos perjuicios económicos y problemas de desabastecimiento de forraje para el ganado.

Este contexto llevó a que la academia, las instituciones de investigación agropecuaria y el gobierno nacional hayan comenzado un proceso de revalorización de las praderas naturales uruguayas, que para su explotación no son dependientes de factores de producción importados y que, debido a la adaptación ecológica que han realizado durante miles de años, son mucho más resilientes a la inestabilidad climática imperante en Uruguay. Adicionalmente, se ha demostrado que un manejo sostenible de las pasturas naturales basado en una mayor altura del tapiz vegetal incrementaría en buena medida la producción de carne a campo natural (Centro Regional CCYTD, 2014). A su vez, al aumentar la productividad de carne por unidad de superficie pastoreada, y teniendo en cuenta que además el ganado se alimentaría con pasturas más nutritivas y menos metanogénicas, esto redundaría en una menor huella de carbono de esta carne producida, dentro de un nuevo escenario productivo más resiliente, por lo que también se estarían generando sinergias con procesos de mayor adaptación al cambio climático.

Si bien el Estado ha procurado divulgar estos nuevos sistemas de pastoreo, la naturaleza atomizada y aislada de las explotaciones, así como el escaso grado de corporativismo del sector, han determinado que los productores ganaderos no se hayan podido apropiar debidamente de estos paquetes tecnológicos y no hayan podido capitalizar en alto grado estas mejoras propuestas por la academia y centros de investigación agropecuarios.

Esto ha generado la preocupación de las jerarquías nacionales (MGAP W. O.-D., 2015) por mejorar los sistemas de extensión y divulgación tanto de avances tecnológicos, como de políticas de promoción hacia estos sistemas ganaderos más sostenibles y productivos.

Concomitantemente, otro tipo de políticas productivas sí han podido llegar de forma generalizada y efectiva a los productores ganaderos, y también podrían ser capitalizadas en el Plan de Acción de Tecnología para este sector. Un ejemplo de ello sería la citada extensión del exitoso proceso de trazabilidad ganadera llevado a cabo por el Sistema Nacional de Información Ganadera (MGAP), o los potentes desarrollos logrados por el Sistema Nacional de Información Agropecuaria, en el que se elabora, a nivel de GIS, el seguimiento periódico de los principales usos del suelo rural. Esto no solo apoya las políticas de promoción y extensión técnica del Ministerio hacia las diferentes producciones, sino también ayuda en el contralor de las regulaciones específicas que este ha impuesto al sector como, por ejemplo, los planes de uso y manejo del suelo tendiente a la reducción de la erosión en la producción agrícola.

Así mismo, según se explica en la Contribución Prevista Nacionalmente Determinada mencionada anteriormente, Uruguay no puede mitigar el cambio climático a expensas de la producción de alimentos. Por lo tanto se propone trabajar en la mejora de la eficiencia de las emisiones por producto en el sector, para lo cual el país presenta metas específicas en relación a la producción de carne vacuna, actividad que concentra el 78% de las emisiones nacionales de CH<sub>4</sub> (a partir de la fermentación entérica) y el 63% de las emisiones nacionales de N<sub>2</sub>O (a partir de la disposición de estiércol en los suelos). Estas metas se presentan en términos de intensidad de emisiones por kg de carne vacuna (como peso vivo). A futuro se espera que la producción de alimentos de Uruguay continúe aumentando, dado que el país cuenta con suelos particularmente fértiles, la demanda mundial es creciente y el país debe contribuir a la seguridad alimentaria global. Este hecho particular hace que el inventario de GEI de Uruguay esté y siga estando fuertemente marcado por las emisiones del sector agropecuario: usando la métrica GWP100, el 76% de sus emisiones actuales corresponden a este sector, las tres cuartas partes originadas en la producción de carne vacuna.

Por todo lo dicho resulta clave el investigar en las mejores opciones tecnológicas de mitigación de GEI para la producción de carne vacuna en Uruguay, análisis que se presenta en la siguiente sección.

### 3.4 Resumen de posibles opciones de tecnologías de mitigación en el sector agropecuario y sus potenciales de mitigación y otros posibles co-beneficios

En diciembre de 2014 el Banco Mundial realizó para Uruguay un informe que evaluó 18 opciones de medidas para la mitigación de emisiones en el sector agropecuario-forestal (World Bank, 2014), de las cuales la [Tabla 3-2](#) muestra las que son aplicables a la producción pecuaria.

**Tabla 3-2: Opciones tecnológicas de mitigación asociadas a producción pecuaria en Uruguay**

Tecnología propuesta	Reducciones netas de GEI (kT CO <sub>2</sub> eq)	Reducción en relación al conjunto del sector agropecuario (%)
Mejoramiento de la dieta del ganado	153.470	17.5
Cambios en el manejo del pastoreo a campo natural	64.562	17.4
Mejoras en el manejo del estiércol	22.440	6.1
Mejoramiento del confort animal (provisión de sombra, abrigo y agua)	10.661	2.9
Aditivos a la dieta (lípidos)	2.500	0.7

Fuente: (World Bank, 2014)

En relación a la reducción de emisiones posibles de lograr para el sector pecuario, existen otro tipo de tecnologías que se encuentran en etapas iniciales de investigación, como por ejemplo la introducción, en el rumen del ganado vacuno, de microorganismos genéticamente modificados<sup>1</sup>, o la cobertura de estiércol acumulado en tambos y producción lechera o de engorde de ganado estabulado<sup>2</sup>. También existen tecnologías en etapas pre-comerciales, como por ejemplo la digestión anaerobia del estiércol producido en formas intensivas de producción animal (JI Network, 2015). Estas soluciones tecnológicas en la actualidad enfrentan numerosas barreras: desde la falta de normativa nacional a las emisiones de GEI, hasta el problema de falta de escala de muchas de estas explotaciones que inviabilizaría estas aplicaciones tecnológicas. Con respecto a esta última alternativa, a diversos niveles de la sociedad se está evaluando la posibilidad de soluciones asociativas con digestores instalados en las zonas de mayor densidad de productores, aunque en el corto plazo no se vislumbra ningún avance significativo.

De acuerdo a las sugerencias emanadas de las guías para la realización de las ENT nacionales, y también por acuerdos alcanzados por el equipo nacional uruguayo, se ha optado por no profundizar en este tipo de medidas, ya sea las que están en etapas tempranas de investigación, como en las que si bien existen evaluaciones pre comerciales, no se vislumbra su aplicabilidad en el mediano plazo. Sobre esto se volverá con más profundidad en el análisis de barreras.

### **3.5 Criterio y proceso para priorización de tecnologías en el sector agropecuario**

El 14 de agosto de 2015 se realizó una reunión técnica donde participaron tanto jerarquías del MGAP en temas de cambio climático (MGAP W. O.-D., 2015), como la coordinación nacional de la ENT en Uruguay (DCC - MVOTMA, 2015). En la reunión se confirmó que para el MGAP es prioritario trabajar en el desarrollo sostenible de la ganadería bovina de carne producida a campo natural. Aunque la situación individual de los productores es muy diversa en cuanto a niveles productivos, acceso a asesoramiento y tecnologías de punta, etcétera, se trata en su conjunto de un sector estancado en su rendimiento. Se estima que en promedio dicho sector se desempeña a un tercio de su techo productivo, al que podría acceder teniendo en cuenta tanto las condiciones edafo-climáticas, como la tecnología disponible comercialmente en Uruguay. Se trata también de un sector socioeconómicamente muy importante para el país, tanto por generar uno de los principales productos de exportación, como también por ser uno de los sectores que más mano de obra rural emplea. Adicionalmente, es uno de los principales medios de ingreso de los sectores sociales de menores recursos a nivel rural. Por tanto, cualquier mejora tecnológica que se introduzca en el sistema redundaría en el beneficio social general.

Por otra parte, el MGAP reconoce que la fermentación entérica del ganado vacuno y su correspondiente emisión de metano a la atmósfera es la principal fuente de emisiones de GEI de nuestro país. Cualquier opción tecnológica que reduzca dichas emisiones aportará significativamente a la contribución del país en el combate al cambio climático, mejorando la situación de Uruguay hacia los posibles compromisos de reducción de emisiones que surjan en el corto y mediano plazo en el seno de la CMNUCC.

Asimismo, como se analizó en las secciones anteriores de este informe, y en coincidencia con los argumentos recién esgrimidos, en los talleres de consultas realizados en la etapa de priorización de los sectores en cuanto a sus necesidades de tecnologías para la mitigación se identificó la producción pecuaria como la más prioritaria dentro del sector agropecuario.

---

1 En la actualidad existen limitaciones que van desde la falta de investigación de las consecuencias de romper los delicados equilibrios en la flora ruminal, hasta consideraciones bio-éticas de introducir organismos modificados genéticamente en el ganado (Garg, Kimball, Uprety, Hongmin, Upadhyay, & Dhar, 2015).

2 Además de diferentes barreras socioeconómicas que dificultarían esta práctica en las condiciones de Uruguay, y la ausencia de normativa al respecto de la restricción de emisiones de GEI en este tipo de producción, esta tecnología presenta interrogantes sobre el balance final de emisiones evitadas, pues si bien la generación de N<sub>2</sub>O es inhibida, puede aumentar la producción de CH<sub>4</sub> (Garg, Kimball, Uprety, Hongmin, Upadhyay, & Dhar, Covering manure storage facilities, 2015).

También el MGAP es plenamente consciente de la vulnerabilidad climática del sector y está abocado al aumento de su resiliencia<sup>3</sup> ante situaciones climáticas adversas, en especial para reducir su gran vulnerabilidad en condiciones de sequía. Esto viene quedando demostrado en las cuantiosas pérdidas que las últimas sequías han causado al sector y también a la sociedad toda, que ha tenido que apoyar con fondos públicos al sector ganadero en situación de emergencia<sup>4</sup>.

En la reunión se concluyó que la producción de carne bovina en condiciones de campo el sistema de pastoreo sostenible (aumentando la altura del tapiz vegetal) se constituye en una medida que tanto mejora las emisiones de GEI del sector como el aumento de su resiliencia ante condiciones climáticas adversas.

Desde el punto de vista de mitigación, las principales contribuciones son las siguientes:

- La mejora de la calidad nutritiva de la dieta reduce las emisiones de metano (por una dieta más reducida en contenidos celulósicos de difícil digestión y de alta producción metanogénica).
- El ganado mejora su aumento de peso diario, por lo que necesita menos tiempo para llegar a su peso final y la huella de carbono de la producción de carne se reduce.
- Este sistema de pastoreo sostenible permite una mayor cantidad de biomasa, tanto aérea como subterránea, aumentando la fijación de CO<sub>2</sub> atmosférico en los tejidos vivos del tapiz vegetal.
- La mayor cantidad de raíces y tejidos muertos contribuye a un aumento del contenido de carbono orgánico del suelo, incrementando de esta forma su capacidad de sumidero de CO<sub>2</sub> atmosférico
- La mayor cobertura del suelo disminuye la erosión y, concomitantemente, la mineralización del carbono del suelo, reduciendo esta fuente de emisiones de GEI. Este proceso favorece además la conservación de los recursos hídricos que son negativamente afectados por la erosión (sedimentación de cursos de agua, aumento del contenido de nutrientes con estímulo a procesos de eutrofización de los cursos de agua, etcétera).

Estos sistemas de manejo de campo natural han demostrado ser más resilientes en condiciones de sequía, dado que, entre muchos beneficios, aumenta la oferta de forraje, implica una dotación más racional del rodeo (concepto de carga segura), al tiempo que mejora la eficiencia del ganado en la conversión de forraje a peso vivo, debido a que mejora la eficiencia del pastoreo. Por ejemplo, el Instituto Plan Agropecuario ha presentado resultados de campo al respecto (Plan Agropecuario, 2015).

Sin embargo, estos sistemas de pastoreo pueden necesitar un mayor grado de subdivisión de los potreros que los que se manejan en la situación tradicional. Para poder mantener el grado de confort animal y mejorar aún más la eficiencia el pastoreo, sería necesario además proveer de sombra y abrigo al ganado en cada uno de los nuevos potreros generados, y una fuente de agua a nivel de cada potrero. La cercanía de la sombra y el abrigo y de la fuente de agua con respecto a la zona de pastoreo reduce el gasto de desplazamiento del animal, al mismo tiempo que mejora su confort y, por tanto, disminuye la energía metabólica de sobrevivencia, generando un mayor aumento de peso a igual oferta forrajera.

Con respecto a los montes de sombra, en determinados esquemas productivos estos pueden ampliarse en superficie utilizando esquemas de Silvopastoreo o Silvopastoriles. La definición del sistema incluye lo forestal y lo silvopastoril; el sistema forestal-silvopastoril es, en este marco, aquel que aprovecha el recurso suelo con una componente prioritaria foresto-maderera, la cual por sus características y a través de distintos manejos, posibilita secundariamente la producción ganadera (INIA, 2015).

En estos sistemas se aprovechan numerosas sinergias entre el ganado y el árbol. El ganado obtiene abrigo meteorológico del monte forestal, lo que disminuye su tasa de metabolismo basal y por tanto aumenta su

---

<sup>3</sup>Por ejemplo el MGAP, mediante un préstamo del Banco Mundial, viene desarrollando el Proyecto de Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático (MGAP, 2012).

<sup>4</sup>Por ejemplo, la Asociación Rural del Uruguay realizó un estudio pormenorizado de las pérdidas del Sector Agropecuario en la sequía 2008-2009 (ARU, 2009),

eficiencia en el engorde y porcentaje de preñez. El árbol se beneficia del control de malezas natural que produce el ganado y también por los aportes de nutrientes de la descomposición del estiércol del mismo.

En estos esquemas, se priorizan esquemas de espaciamiento entre árboles que mantengan la densidad de árboles por hectárea, pero que al mismo tiempo minimicen el sombreado de la pastura, como se puede apreciar en la siguiente fotografía.

**Figura 3-2: Sistemas silvopastoriles con *Eucaliptus globulus* (fuente: INIA)**



En estos esquemas se propone generar biomasa energética directamente con cultivos arbóreos con fin energético, o indirectamente a partir del material generado en las podas y raleos prescritos para la producción de madera aserrable o para debobinado. En este último caso, como medida de mitigación hay que considerar el secuestro de CO<sub>2</sub> en los productos forestales de largo ciclo de vida (muebles, revestimientos de pisos, pisos flotantes, fabricación de casas, etc.).

Cabe mencionar que se desestimó la opción tecnológica que representan los sistemas de suplementación de la dieta mediante mejoras del campo natural con leguminosas introducidas o cultivos forrajeros, pues enfrenta los ya mencionados problemas de falta de resiliencia climática, productos de la utilización de especies vegetales introducidas provenientes de otros sistemas climáticos más estables y con menos períodos de déficit hídrico. Adicionalmente, hay que considerar que el riego de forrajes en el caso uruguayo, en una coyuntura de gran variabilidad de precios, no se vislumbra como una actividad económicamente rentable.

### **3.6 Resultado de la priorización de tecnologías del sector agropecuario**

Por todas estas consideraciones acerca del sector expuestas en los apartados anteriores, se acordó que la mejor combinación de ofertas tecnológicas disponibles a nivel comercial sería la base para impulsar, dentro del sector ganadero de carne tradicional, de prácticas de pastoreo sostenible aumentando la altura del tapiz vegetal, en asociación con una mayor oferta, a nivel predial, de montes de sombra y abrigo del ganado asociados con bebederos permanentes a nivel de cada nuevo potrero. En determinadas condiciones productivas se propondrá aumentar la superficie estos montes de abrigo en sistemas silvopastoriles, con fines energéticos y/o de producción de madera de calidad.

De acuerdo al informe citado del Banco Mundial, la medida considerada como más efectiva para reducir la intensidad de emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en la producción de carne vacuna, en base a datos de dos recientes publicaciones de FAO (Hristov, 2013) (Gerber, 2013), es la adopción de tecnologías que permitan el aumento de la tasa media de ganancia de peso de los animales, en particular en la fase de cría y recria. El aumento de la tasa de ganancia de peso tiene un impacto relevante en la eficiencia general del rodeo, y en particular en la intensidad de emisiones de estos gases.

Para lograr un aumento significativo de la tasa de ganancia de peso que reduzca la intensidad de emisiones se pueden adoptar las distintas opciones tecnológicas que se presentan en la Tabla 3-3, donde se resume la selección de tecnologías propuestas y se presentan escenarios de estimación de reducciones para determinados supuestos de aplicación comercial de dichas tecnologías.

Como se ha aludido anteriormente, esta combinación de paquetes tecnológicos parece la más apropiada, tanto a nivel de las instancias participativas realizadas por el grupo nacional, como para las jerarquías y funcionarios técnicos del MGAP y del SNRCC, el informe del Banco Mundial, y el juicio experto del equipo consultor redactor de este informe.

Esta aprobación general parte de un conjunto principal de fortalezas y oportunidades, presentadas brevemente a continuación:

- Para el subsector ganadería de carne basada en el campo natural, se propone un paquete tecnológico basado en un nuevo sistema de pastoreo sostenible que opere a mayores alturas del tapiz vegetal, asociado a una mayor oferta de sombra y abrigo del ganado, así como a la mayor disponibilidad de bebederos en los nuevos potreros. Estos son generados a partir de la subdivisión de los grandes potreros que actualmente se manejan en la producción de ganado de carne de forma tradicional.
- Como se ha planteado, se trata de una propuesta que conjuga mejoras tanto en mitigación como en adaptación al cambio climático, utilizando tecnologías de base nacional probadas a nivel comercial, y que no dependen de insumos de importación y por tanto no sensibilizan económicamente al sistema en función del precio internacional de dichos insumos.
- Al apoyar la mayor producción de carne por unidad de superficie estas mejoras tecnológicas también reducen la huella de carbono de la carne generada, lo que redundará en una mejor situación del país en cuanto a la cada vez mayor exigencia de los mercados internacionales a este respecto.
- Asimismo, al mejorar la producción de carne a campo natural, y por consiguiente al aumentar la rentabilidad de la actividad, se estaría logrando el beneficio socioeconómico general, promoviendo una de las actividades que más mano de obra emplea en el país y de la que dependen una significativa porción de los sectores sociales de menores ingresos a nivel rural, en uno de los sectores de la producción agropecuaria más estancados técnicamente.

**Tabla 3-3: Resumen de tecnologías propuestas para el sector agropecuario**

<b>Tecnología propuesta</b>	<b>Línea de base actual</b>	<b>Supuesto de aplicación de la tecnología</b>	<b>Reducción de emisiones de GEI</b>	<b>Reducción de emisiones GEI (kTCO<sub>2</sub>eq/año)</b>
Manejo sostenible del pastizal natural aumentando la altura del tapiz	Sistema de pastoreo tradicional	Aplicación de la nueva tecnología a 149.500 hectáreas durante 30 años.	Reducción de emisiones de la ganadería: 11.070 kT CO <sub>2</sub> eq  Secuestro de CO <sub>2</sub> por aumento del carbono orgánico del suelo: 42.422 kT CO <sub>2</sub> eq  <b>Total reducciones: 53.492 kT CO<sub>2</sub>eq</b>	<b>1.783</b>
Confort animal: Provisión de agua y sombra	En la actualidad en el sector ganadero y lechero existen 107.400 ha de bosques artificiales con motivo de sombra y abrigo para el ganado. El ganado abreva en cursos de agua superficiales naturales.	Incrementar dicha área en un 50%, es decir, aumentarla en 53.700 ha totales en un período entre el 2014 y el 2035. Generar bebederos vacunos puntuales en forma permanente.	Esta medida de mitigación resulta en la reducción de <b>10.021 kT CO<sub>2</sub>eq</b> para el período 2005-2035	<b>334,0</b>
<b>Total reducciones</b>			<b>63.513</b>	<b>2.117</b>

Fuente: (World Bank, 2014)

Es de acuerdo general que las tecnologías planteadas también presentan un conjunto de desafíos y obstáculos para su implementación a escala comercial. Según lo comunicado por el equipo del MGAP, una de las principales limitantes a la hora de la implementación de esta nueva tecnología a nivel nacional fue el escaso conocimiento de los productores sobre los beneficios y el modo de implementación de dichas tecnologías. Desafortunadamente, muchas veces por simple desconocimiento los productores ni siquiera acceden a los incentivos o subsidios previstos por el Estado, como por ejemplo los correspondientes a la instalación de alambrados eléctricos que faciliten el manejo del ganado en estos nuevos esquemas de pastoreo. Por todo esto se recomienda que el énfasis de los esfuerzos sea puesto en la mejora de las actividades de extensión y capacitación técnica, para lo cual se cuenta con capacidad nacional adecuada. Esto será analizado en profundidad cuando se realice el correspondiente análisis de barreras.

### 3.7 Desarrollo de las tecnologías propuestas por el Banco Mundial (Proyecto LCDU para Uruguay)

**Manejo sostenible del pastizal natural:** Se propone un cambio en la práctica de manejo de pastizal natural que se basa en un aumento de la altura media del forraje ofrecido a los animales, mediante una gestión más intensiva del pastoreo que implica una subdivisión de los actuales potreros y frecuentes sistemas rotativos de pastoreo. El aumento del área foliar (y disponibilidad forrajera) permitirá aumentar la Productividad Primaria Neta (PPN) de los campos, mejorando la ganancia de peso y consecuentemente los indicadores productivos y reproductivos del rodeo. Asimismo, este aumento en la PPN de los campos permitirá secuestrar mayor cantidad de carbono atmosférico en suelos. Esta práctica tecnológica no implica el agregado de insumos de importación o dependientes de energía en base fósil.

Esta propuesta tecnológica consistirá en integrar las buenas prácticas de gestión de los pastizales naturales para mejorar la capacidad de captura en biomasa y suelo. Esta tiene un gran potencial tanto por la superficie que los pastizales ocupan, como por su potencial de mejora en el manejo y la directa relación de esas mejoras en los manejos con un aumento en la productividad de forraje y carne.

Esta propuesta tecnológica se basa en la aplicación de un conjunto de prácticas, entre las que se encuentran:

- Ajuste de la carga animal (carga segura),
- sistemas de pastoreo rotativos,
- modificación del tiempo de pastoreo,
- control de oferta de forraje,
- eliminación de animales no productivos, y
- bienestar animal

Un aspecto muy importante en el diseño de políticas para la mitigación del cambio climático en pastizales bajo pastoreo es que la implementación de prácticas que promueven el secuestro de carbono también genera beneficios en términos de adaptación al cambio climático, así como aumenta la producción y la productividad, generando mayores retornos económicos. Por ejemplo, el mejoramiento de la productividad de las pasturas implica mayor incorporación del carbono atmosférico al suelo, al descomponerse más cantidad de residuos de raíces y follaje, mayor capacidad de carga y producción de carne, y también mayor resiliencia de los sistemas productivos a condiciones de sequía, por disponerse de una mayor oferta de forraje de especies vegetales mejor adaptadas a posibles condiciones de sequía.

Esta medida tendrá también un impacto en cuanto a la reducción de emisiones, porque permitirá reducir la actual tendencia de degradación del suelo bajo campo natural, haciendo posible una mayor acumulación de carbono en suelo. Por otro lado, esta medida afecta todas aquellas modalidades de mejora en la dieta que efectivamente colaboren con una mayor eficiencia del ciclo productivo y una menor emisión por unidad de producto.

En esta propuesta se propone aumentar el área bajo este nuevo sistema de pastoreo en unas 149.500 ha en un plazo máximo de 30 años.

**Mejora en la calidad de la dieta animal:** Esta medida de mitigación se propone para cuantificar el impacto de mejorar la calidad de la dieta –aumentando la digestibilidad– por la introducción de mejoramientos extensivos del campo natural con especies forrajeras y siembras de especies forrajeras de mayor valor nutritivo para el caso de recría en vacunos de invierno. Esta opción requiere de una adaptación del productor a esta tarea y de una cierta infraestructura y mano de obra.

Diversos estudios muestran que sin suplementación invernal la pérdida de peso en los terneros puede oscilar entre 15 y 25 kg (Luzardo, Montossi, & Brito, 2010).

A diferencia del cambio tecnológico anterior, donde las áreas bajo praderas y pastura natural se mantienen, esta medida propone incrementar el área de campo natural mejorado y forrajes anuales en 200.000 ha con respecto a la línea de base.

Este cambio determina un incremento en la producción de materia seca al haber más tierras con mejoramientos (5.050 kgMS/ha), con respecto a campo natural (3.900 kg MS/ha). Esta diferencia en producción se traduce en mayor cantidad de kg ganados por ternero y, por lo tanto, en una reducción de las emisiones por unidad de producto. Sin embargo, las emisiones asociadas a la medida de mitigación se refieren a las mismas emisiones de línea de base, ya que el incremento en la ganancia de peso de las categorías más flacas dada por esta medida tiene un efecto muy menor en las emisiones totales y, por ende, no significativo.

Esta medida tendrá a su vez un impacto en cuanto a reducción de emisiones, porque permitirá reducir la actual tendencia de degradación del suelo bajo campo natural, provocando una mayor acumulación de carbono en suelo. En paralelo esta medida afecta todas aquellas modalidades de mejora en la dieta que efectivamente colaboren con una mayor eficiencia del ciclo productivo y una menor emisión por unidad de producto.

**Confort animal: Provisión de agua y sombra.** La propuesta tecnológica de silvopastoreo del Banco Mundial consiste en integrar las plantaciones forestales con la ganadería y la lechería para brindar sombra y abrigo<sup>5</sup>. Esta medida supone el desarrollo de la forestación de pequeña escala en múltiples unidades productivas ganaderas y lecheras. Una de las claves de este planteo es que esta experiencia viene siendo implementada en Uruguay mediante esquemas denominados “fomento”, ya que se propone al productor lechero o ganadero una diversificación e incremento de los ingresos por la venta de madera. Cabe destacar que la mejora en la capacidad de captura de carbono podrá compensar en gran medida desde los propios predios las emisiones que estos sistemas producen a través del ganado.

Esta medida cuantifica el avance del área forestal en predios dedicados a la ganadería y lechería. Hoy en día se sabe que existen 107.400 ha de plantaciones forestales para sombra y abrigo en predios ganaderos y lecheros que son utilizados con fines energéticos en los mismos predios. En esta medida de mitigación se propone aumentar un 50% de esta área con el propósito de brindar más superficie para sombra y abrigo al ganado, comenzando progresivamente desde 2014 hasta alcanzar las 53.700 ha en el año 2035.

En cuanto a la disponibilidad de agua, la medida consiste en almacenar y distribuir agua de calidad para bebederos vacunos en áreas puntuales de forma permanente. Esta medida tiene como efecto directo proporcionar agua al animal, pero indirectamente mejora el aprovechamiento de la pastura, reduciendo además los desplazamientos del animal y las necesidades de energía metabólica.

Esta medida de mitigación genera emisiones de GEI por la preparación del suelo al momento de realizar las plantaciones. Sin embargo, siguiendo las herramientas para contabilizar emisiones en proyectos forestales del MDL (UNFCCC, 2010), las emisiones de GEI se pueden despreciar.

La reducción de emisiones lograda por esta medida de mitigación se debe fundamentalmente al incremento del contenido de carbono en diferentes pools del área forestada: biomasa aérea, raíces, madera muerta y carbono orgánico del suelo.

---

<sup>5</sup> Como subsector seleccionado en este informe fue la ganadería de carne, a la reducción de emisiones calculada por el banco mundial se le extraerá el componente lechero, haciendo una ponderación por cabezas vacunas tomando los datos del Censo General Agropecuario del 2011 (MGAP, 2011). O sea que si el rodeo total del Uruguay eran 11.485.137 animales en el 2011 y de ellos 744.909 era ganado lechero, estos representan el 6% del rodeo total, por lo que para extraer las emisiones del ganado de leche se multiplicará a las estimaciones del Banco Mundial por un factor de 0.94.

La propuesta de la instalación de estos montes de sombra y abrigo, al igual que bebederos, para dar abrigo, sombra y agua al ganado también tiene un impacto sobre las emisiones relativas de GEI en la ganadería. Es decir, el ganado en un escenario de mayor confort destina menos energía para el mantenimiento o actividad y puede destinarla al crecimiento, lactancia o preñez, por lo que los rendimientos de kg de carne o litros de leche son mayores, bajando su nivel de emisiones de GEI por unidad de producto. Sin embargo, cuantificar este impacto es complejo: no existen datos o publicaciones locales para tomar como referencia y asumir las hipótesis necesarias sería un trabajo que iría más allá de los objetivos de este estudio.

## CAPÍTULO 4 : SECTOR TRANSPORTE

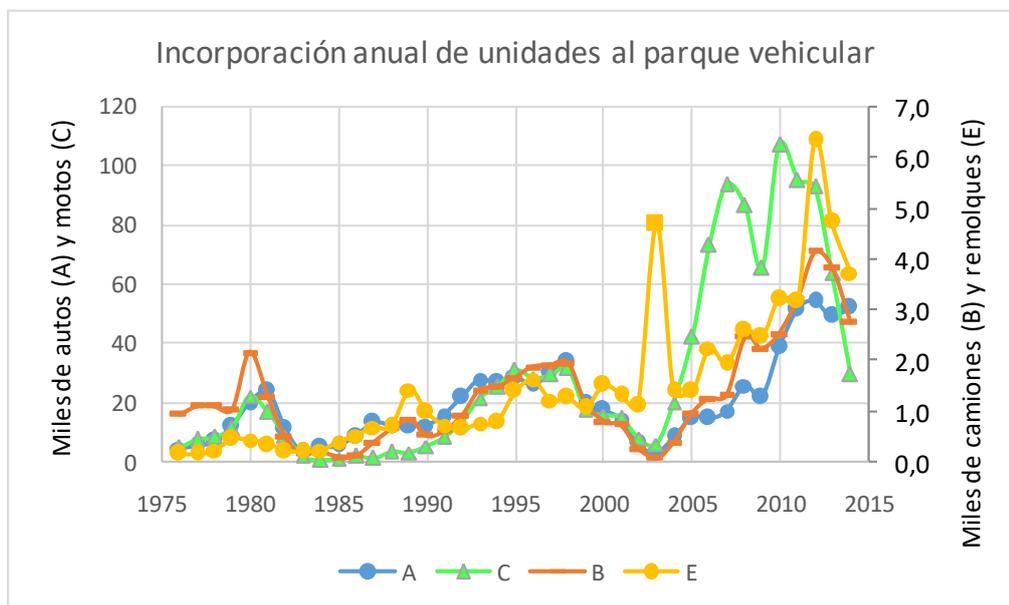
El empleo de la metodología multicriterio propuesta por la Guía ENT (Haselip, Narkeviciute, & Rogat Castillo, 2015) para el proceso de priorización de los subsectores en los talleres nacionales interinstitucionales colocó en los tres primeros lugares con mejor puntaje a subsectores de transporte carretero, en el siguiente orden decreciente: pasajero colectivo urbano, pasajero vehicular particular y carga de largo alcance (ver metodología en 2.3 y resultados en Anexo 2).

Un resultado de los talleres que puede concitar la atención es la baja prioridad del transporte ferroviario de cargas, dada su ubicación en el décimo lugar sobre un total de 13 subsectores definidos para el sector transporte. Es probable que el puntaje asignado obedezca básicamente a que se ponderó lo que representa actualmente dicho subsector en emisiones de GEI (<1% del sector transporte), sin considerar de forma equivalente las potenciales reducciones de estas emisiones por la sustitución del transporte de cargas carretero por el ferroviario. Otra posibilidad es que el puntaje ya contenga implícita una evaluación de las barreras actualmente existentes para el transporte ferroviario, como se describe con más detalle en la discusión de contexto.

En las reuniones posteriores mantenidas con los co-coordinadores de los ministerios designados para el sector transporte (MTO, MIEM, MVOTMA) no surgió una clara definición de prioridad de alguno de los tres subsectores con mayor puntaje. Dada esta situación, y aunque finalmente se optó por definir como subsector priorizado el vehicular de pasajeros particulares, se procurará priorizar tecnologías que sean transversales a los tres subsectores, considerando el análisis del contexto actual del sector transporte, los planes estratégicos del MTO y el MIEM vinculados a éste, y un análisis preliminar de barreras.

De acuerdo con estimaciones oficiales (DNE, 2008), en el año 2006 la distribución de consumos de gasolina (naftas) entre las distintas categorías de transporte carretero era las siguientes: 90,9% en autos y camionetas, 0,6% en ómnibus más taxis y remises, y solo 8,5% en transporte de carga. Análogamente, para el consumo de gasoil la distribución era: 26,3% en autos y camionetas, 15,7% en ómnibus, 6,6% taxis y otros vehículos de pasajeros, y 51,4% en el transporte de cargas. La [Figura 4-1](#) muestra que el parque vehicular de automóviles y camionetas tuvo en los últimos 10 años una tasa de crecimiento similar a la de camiones, por lo que se podría inferir que los consumos de combustibles de los subsectores mantienen una relación similar en la actualidad. En este sentido, el mayor consumo global de combustibles en el subsector vehicular de pasajeros particulares es uno de los aspectos clave considerados para su selección en la priorización de subsectores.

**Figura 4-1: Evolución de la incorporación anual de unidades al parque vehicular por categorías**



Categorías: A – autos, camionetas, incluidos los vehículos sin chofer o de alquiler, ambulancias, casas rodantes con propulsión propia, carrozas fúnebres, furgones, ómnibus y micros; B – camiones; C – motos, ciclomotores, motonetas, triciclos, cuadríciclos, etc.; E – zorras, remolques, casas rodantes sin propulsión propia e industrial – agrícola.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de (SUCIVE, 2015).

#### 4.1 Emisiones GEI y tecnologías existentes para mitigación en el sector transporte

De acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de GEI 2010, la quema de combustibles en el sector transporte es responsable del 8,7% de las emisiones de GEI y de aproximadamente la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> totales del país: 3.076 Gg CO<sub>2</sub>, equivalentes al 48% del total en 2010.

El transporte terrestre carretero generó la mayor parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector (98,2%), en particular a partir del consumo de gasoil/diesel oil (61,4%) y de gasolina (36,8%). Las restantes categorías del sector transporte (navegación marítima y fluvial, aviación civil y transporte de ferrocarriles) hacen un aporte muy minoritario a las emisiones de CO<sub>2</sub>, sumando el 1,8% restante (MVOTMA - SNRCC, 2015).

Dentro de las actividades de quema de combustibles el sector transporte hace también contribuciones significativas en emisiones de otros GEI distintos al CO<sub>2</sub> (datos de 2010): N<sub>2</sub>O (26,6%), NO<sub>x</sub> (59,7%), CO (46,1%), y COVDM (78,5%). En menor medida el sector transporte también aporta en la quema de combustibles a las emisiones de SO<sub>2</sub> (16,7%) y CH<sub>4</sub> (11,4%) (MVOTMA - SNRCC, 2015).

Según el Informe Para la Mitigación del Cambio Climático en el Sector Transporte, elaborado por UNEP DTU Partnership (UDP, antes denominado Risø Center del PNUMA) (UDP, 2011), en 2006 el sector contribuyó con el 23% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, con aumentos sustanciales proyectados, en particular en los países en desarrollo (en Uruguay el porcentaje se duplica). De acuerdo con el Cuarto informe del IPCC (IPCC, 2007), la tasa de crecimiento de los GEI correspondiente al transporte es la más alta entre todos los sectores de uso final de la energía. Virtualmente, toda esta energía utilizada en el transporte proviene de los combustibles fósiles; dos tercios corresponden al transporte de pasajeros y el resto a transporte de cargas (IAC, 2007).

Debido a la naturaleza compleja del sector, los responsables de las políticas en la materia, especialmente para los países en desarrollo, se enfrentan con algunos desafíos excepcionalmente difíciles. Por un lado, el desarrollo de infraestructura y tecnologías blandas puede ser tan o más eficaz que el de tecnologías duras para reducir las emisiones del sector. Además, hasta ahora el transporte no ha recibido tanta atención como otros sectores (como por ejemplo el sector energético), y por tanto la información técnica es escasa a nivel del dominio público. Esta falta de información hace que sea mucho más difícil desarrollar planes de mitigación significativa.

Según un informe del Departamento de Transporte de Nueva York (NYC DOT, 2015), en el mundo ha habido un crecimiento exponencial de la propiedad privada de automóviles: de los 200 millones de automóviles en funcionamiento en 1970 se alcanzó la cifra de 850 millones en 2006, con gran parte de la presión de este crecimiento siendo soportada por las ciudades (Rogat, 2010). El crecimiento en la adquisición de vehículos particulares es más rápido en los países en desarrollo, donde al aumentar los ingresos per cápita muchas familias que antes no tenían automóvil están comprándolo.

El informe de UNEP – DTU Partnership (entonces denominado Risø Center) (UDP, 2011) recalca las principales ideas fuerza a fin de lograr significativas reducciones de GEI dentro del sector transporte:

- Transporte multimodal con fuerte componente de desplazamiento a pie o en bicicleta.
- Priorización de los servicios de transporte público, haciéndolos más atractivos por su frecuencia, comodidad y mayor rapidez de desplazamiento que otras alternativas, incorporando además la facturación integrada y el acceso a los horarios y recorridos mediante uso de TICs.
- Desestimulo del uso del vehículo privado mediante imposiciones económicas y provisión de mejores modos de transporte alternativos.
- Apoyo estatal para la adopción de tecnologías más limpias, combustibles bajos en carbono y mejores prácticas de mantenimiento de las flotas vehiculares públicas y privadas.
- Reducción de la necesidad de desplazamientos, mediante el desarrollo de comunidades con mayor densidad de población integradas con zonas rurales productoras de alimentos.
- En las vías de circulación se priorizan modos de transporte más eficientes y sostenibles (por ejemplo, se aumenta el número de pasajeros en cada viaje de vehículo particular) y, al mismo tiempo, se mejora la gestión del tránsito para reducir embotellamientos.

Estas ideas fuerza fueron agrupadas en líneas de acción concretas según los resultados que se espera conseguir, orientados a la mitigación de GEI en el transporte. En la [Tabla 4-1](#) se resumen los principales conceptos.

En el siguiente informe se retomarán algunos de estos conceptos generales y se adicionarán otros que se considera que serán de mejor adaptación a la realidad uruguaya.

## **4.2 Importancia del sector transporte en la economía nacional**

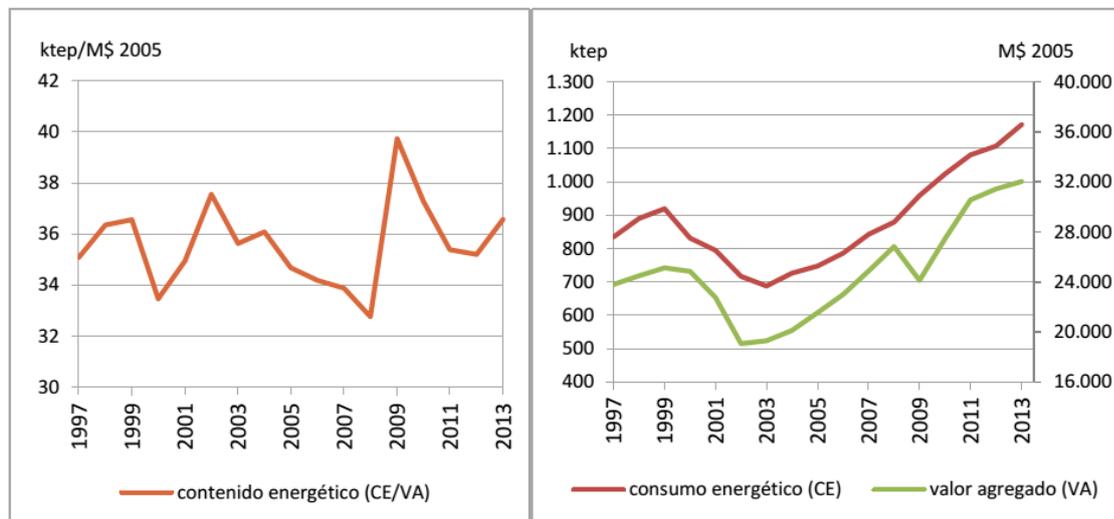
El Valor Agregado Bruto (VAB) del sector representó en 2012 el 4,9% del PBI, con crecimiento a una tasa de 5,2% anual durante el período 2005-2012, acompasado al crecimiento en el mismo período del 5,6% de la economía uruguaya (PNUMA, 2015).

El contenido energético de un sector representa la cantidad de energía necesaria para generar una unidad de valor agregado (VA). Como se puede ver en la [Figura 4-2](#), el consumo energético ha crecido en forma sostenida desde el año 2003, en tanto que la crisis del 2008 marcó una caída en el valor agregado, que explica el correspondiente pico del contenido energético. En relación al consumo final de energía del país, el transporte representa casi la tercera parte del total (28,8%) (MIEM, 2015), y el 52% si sólo se consideran las fuentes de energía que generan CO<sub>2</sub> (ver [Figura 4-3](#)). El transporte carretero es el subsector dominante casi absoluto, con el 98,6% del consumo energético del sector, en tanto los otros no superan el 1%: ferroviario 0,2%, aéreo 0,4% y marítimo y fluvial 0,8% (MIEM, 2015).

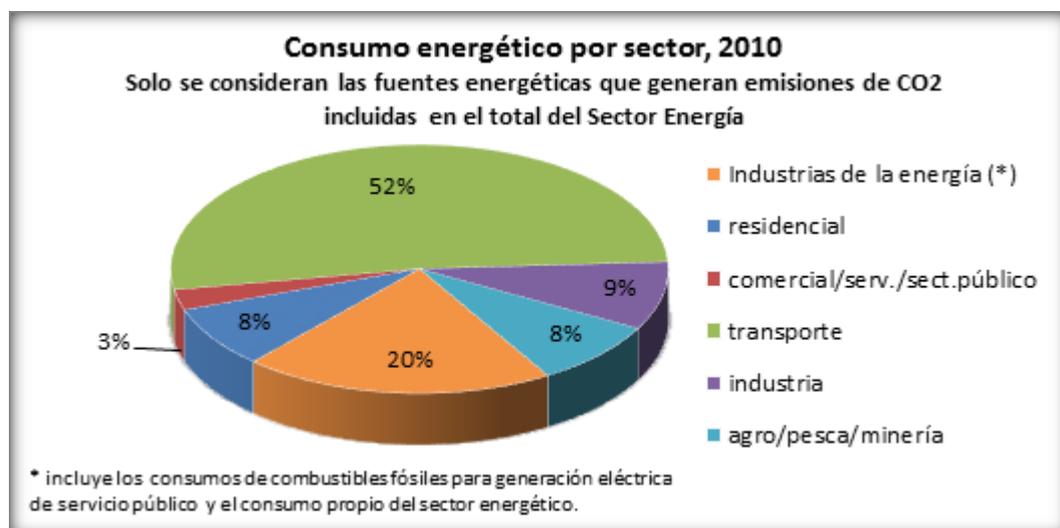
Por otra parte, el sector transporte es responsable del 68% del consumo total de derivados del petróleo del país (PNUMA, 2015) . En la **Figura 4-4** puede verse la evolución temporal del consumo de energía por fuentes empleadas en el sector transporte. Lo más relevante en la última década ha sido el crecimiento sostenido del consumo de gasolinas a mayor tasa que el gas oil y diesel oil (este último muy poco significativo), que además tuvieron una caída de 3,6% en 2012. Esto ha llevado a equiparar los consumos de gasolina y gasoil: 44% y 53% (2013); 46% y 50% (2014), respectivamente (MIEM, 2015). El consumo de fuel-oil en el transporte lleva una tendencia decreciente desde hace aproximadamente una década cuando sus precios de mercado se igualaron, y su uso actual se limita solo a menos del 10% del transporte marítimo y fluvial, en tanto los turbo-combustibles representan aproximadamente la mitad del consumo del transporte aéreo (las gasolinas de aviación se contabilizan con las automotoras). La electricidad no se usa sistemáticamente en el transporte público desde 1992.

Por otra parte, en la **Figura 4-5** también se observa un crecimiento sostenido de los biocombustibles (bioetanol y biodiesel), que pasaron del 1% en 2010 a 3% en 2013 (7,0 ktep a 37,8 ktep en 4 años). Este aumento fue claramente promovido por el gobierno, según lo expresado en el Artículo 7o de la Ley N° 18.195, denominada Ley de Agrocombustibles (Poder Legislativo ROU, 2007). Las mezclas promedio en 2013 fueron 5% de bioetanol con las gasolinas y 4% de biodiesel con el gasoil.

**Figura 4-2: Evolución del contenido energético del sector transporte.** Fuente: (MIEM, 2015)



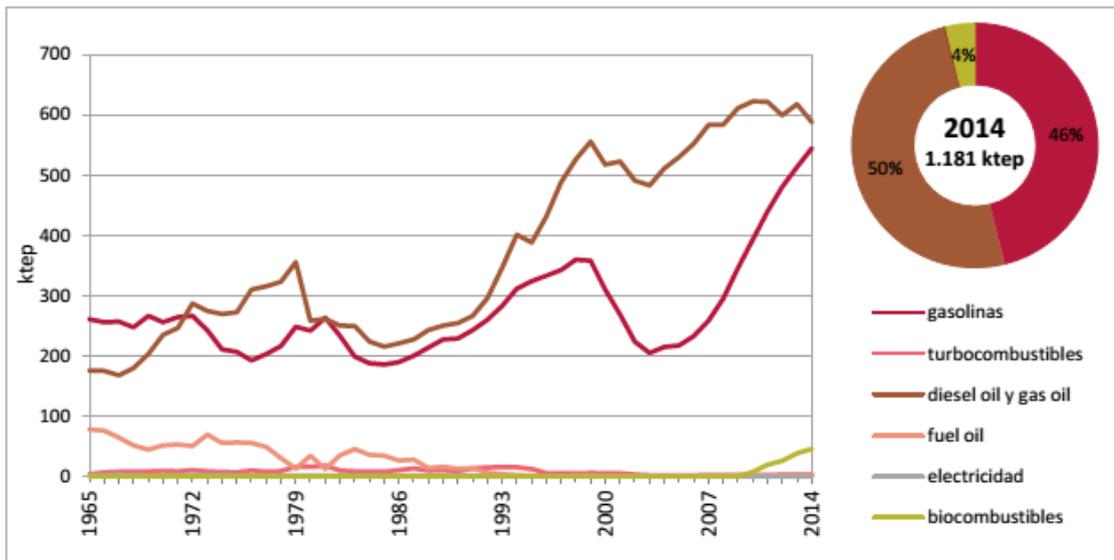
**Figura 4-3: Consumo energético por sector.** Fuente: (MVOTMA - SNRCC, 2015)



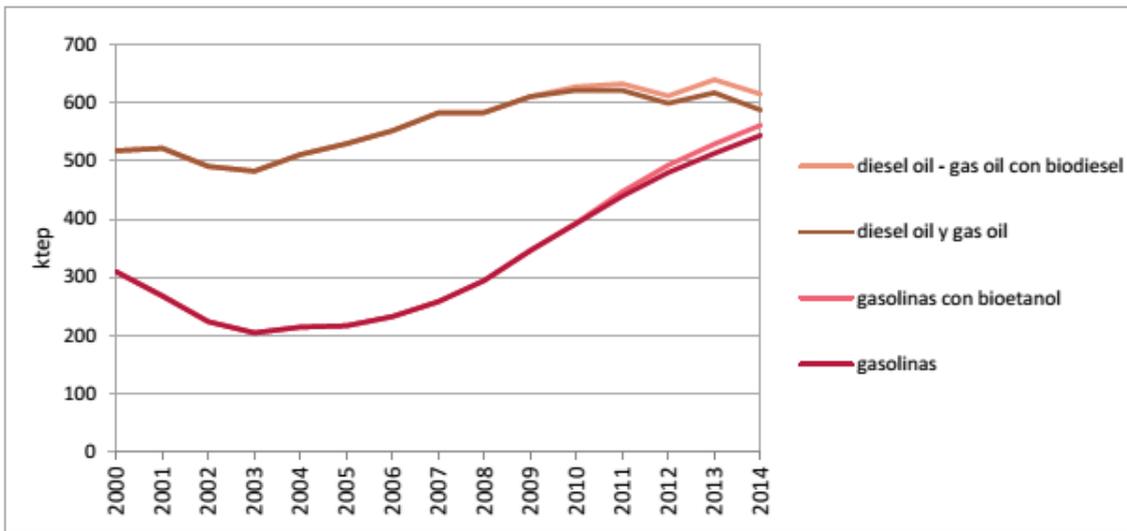
**Tabla 4-1: Medidas y prácticas para mitigación de las emisiones de GEI en el sector transporte.** Fuente: (UDP, 2011).

Categoría	Medidas	Componentes
Incremento en el uso de medios de transporte terrestre bajos en carbono	Promover ciudades para caminar	Proveer sendas peatonales; complementar con planificación urbana; integrar sendas peatonales con transporte masivo; separar de tránsito motorizado (por seguridad y confort); promulgar normativa de apoyo.
	Apoyar el uso de bicicletas	Proveer ciclovías seguras; complementar con planificación urbana (dar acceso a centros educativos, de salud y comerciales, integrar con transporte masivo, dar estacionamiento seguro, etc.); asegurar bicicletas asequibles; facilitar mantenimiento y repuestos; aumentar la seguridad frente a robos; educar y aumentar status de uso de
	Promover el transporte masivo	Trenes; tranvías urbanos; autobuses; sistemas de autobuses rápidos.
	Influenciar en la elección de la opción de traslado	Brindar información de rutas, horarios y costos de los servicios de transporte masivos, así como de ciclovías; promover programas de cambio de comportamiento (cambio cultural por concientización); facilitar traslados multi-modales integrándolos en el mismo ticket.
Reducción del largo de los recorridos	Desarrollo orientado al tránsito (políticas que vinculan el ordenamiento territorial con la optimización del tránsito para reducir la	Ubicar varios usos en cercanías; horario extendido a 18 horas para distribución más eficiente de viajes; diseño orientado a peatones; residencias y lugares de trabajo próximos a estaciones de tránsito; estacionamientos limitados.
	Reducción de la necesidad de transporte	Favorecer el uso de transporte masivo (la gente que lo usa tiende a trasladarse menos); promover comunidades más densas, con mezcla de usos, y más autosuficientes; promover las tecnologías de comunicación para trabajo a distancia y evitar traslados.
Reducción la huella de carbono de los actuales medios de transporte terrestre de personas	Gestionar la demanda de vehículos particulares	Programas de cambio de comportamiento; políticas de estacionamientos (limitar oferta y aumentar precio); otros incentivos y desincentivos monetarios (peajes, patentes, impuesto a combustible, etc.); restringir áreas para circulación de vehículos particulares; diseño de calles para reducir tránsito (sendas peatonales, ciclovías,
	Mejorar los estándares de operación de los vehículos particulares	Estándares de eficiencia de consumo en vehículos nuevos; estándares de emisiones vehiculares; inspecciones vehiculares; exigencia de tecnologías específicas; medidas en precios e impuestos según desempeño de vehículos; inclusión de estándares de emisiones en las garantías; sacar vehículos viejos de circulación;
	Gestión del tránsito	Creación de jerarquía racional de rutas y calles que asegure fluidez de tránsito y máxima conectividad; emplear diseño y normativa para "calmar" el tránsito; diseño de carriles para favorecer modos más eficientes; control en intersecciones (semáforos inteligentes) que dé seguridad y fluidez al tránsito; mecanismos de restricción a la
	Aumento del parque de vehículos eléctricos	Reducción de costos de vehículos eléctricos; proveer infraestructura de recarga adecuada.
	Mejoras tecnológicas en los vehículos y los combustibles	Según el tipo de motor donde se apliquen: combustión interna avanzados por chispa o compresión; microturbinas; celdas de combustible; motores eléctricos e híbridos; según el combustible: fósiles (gasolina, diesel, GLP, GNC, diesel sintético), biocombustibles (etanol, biodiesel), electricidad, hidrógeno, dimetil éter
Reducción la huella de carbono del transporte por agua y por aire, y del transporte de carga	Transporte de carga bajo en carbono	Más transporte ferroviario y por agua, mejorando además su eficiencia; conexiones que aseguren transporte de carga multi-modal eficiente; menos carga movida por rutas, pero igual mejorando su eficiencia; mejoras logísticas y de prácticas de conducción para reducir viajes y combustible empleado; uso de vehículos de escala
	Transporte de pasajeros por agua y aire bajo en carbono	Proveer trenes de alta velocidad como alternativa a viajes aéreos de larga distancia; desincentivar nuevos aeropuertos; promover el uso de tecnologías de comunicación e información (ICT) para evitar viajes; asegurar transporte bajo en carbono hacia y desde aeropuertos nuevos o existentes; reducir emisiones de GEI en

**Figura 4-4: Evolución del consumo final energético - sector transporte.** Fuente: (MIEM, 2015).



**Figura 4-5: Consumo de gasoil y gasolinas con biocombustibles - sector transporte.** Fuente: (MIEM, 2015).



### 4.3 Contexto de la decisión

El Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático (PNRCC), elaborado en enero de 2010 por el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y la Variabilidad, es el documento de diagnóstico y lineamientos estratégicos que diagrama el plan de acción que Uruguay debería seguir para afrontar los impactos del cambio climático en los próximos años. Para el sector transporte, el PNRCC plantea las siguientes líneas:

- Definir políticas y planes que contribuyan a la disminución del consumo de energéticos, diversificando la matriz y definiendo acciones que permitan una mejora de la eficiencia en el uso de energía en el transporte.
- Mejorar la eficiencia en el transporte público de pasajeros y transporte de cargas, utilizando medios y fuentes alternativos.
- Impulsar modos y medios de transporte más eficientes desde el punto de vista energético y continuar con la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles.

- Evaluar la potencialidad del desarrollo de la navegación en el río Uruguay.

El MTOP, por medio de su Dirección Nacional de Planificación y Logística (DINAPLO) realizó entre junio y diciembre de 2011 una serie de talleres con el objetivo de elaborar un Plan Estratégico de Transporte, Logística e Infraestructura al año 2030 (PETLI 2030). De esta manera, producto del proceso participativo del Diálogo Político Social por un Uruguay Logístico 2030, se cuenta con un conjunto de lineamientos estratégicos consensuados, junto con la agenda que contiene los lineamientos que se deben priorizar en el corto plazo. Éstos integran el acuerdo que firmaron los representantes de los partidos políticos, empresarios y trabajadores en un acto protocolar el 8 de diciembre de 2011, refrendando así el acuerdo político-social (MTOP, 2011).

El objetivo general N°3 del PETLI 2030 es el más relevante a los efectos del proyecto ENT: mejora de la calidad de vida de la población y protección de la seguridad pública, cuidado de la energía y el ambiente. Dentro de este objetivo general, el objetivo específico N°3.2 (propender a un transporte sustentable, reduciendo sus impactos sobre la energía y el ambiente) contiene cinco lineamientos estratégicos aplicables al proyecto ENT:

1. Incorporar la visión energética y ambiental en las decisiones gubernamentales sobre el sector transporte y logístico.
2. Promover la identificación de Acciones nacionales Apropiadas de Mitigación (NAMAs por su sigla en inglés) en el sector transporte.
3. Impulsar la mejora de la eficiencia energética vehicular.
4. Fomentar el transporte colectivo de pasajeros en el área metropolitana e impulsar itinerarios seguros para bicicletas y peatones.
5. Mejorar las sinergias entre el transporte de cargas y la planificación territorial, incrementando la participación de transporte ferroviario y fluvio-marítimo.

El PETLI 2030 identificó seis lineamientos para integrar la agenda de acciones de corto plazo, de los cuales tres están vinculados a los objetivos de transporte sustentable (específicamente los lineamientos 4 y 5):

- Fomento del uso del ferrocarril para transporte de cargas,
- impulso de la red fluvial para transporte de mercaderías, y
- fomento de un sistema de transporte urbano colectivo de calidad.

Por su parte, el MIEM había establecido en la Política Energética 2005 – 2030 de la DNE (MIEM - DNE, 2008) objetivos y lineamientos para el sector transporte, los cuales a través de su participación en el Diálogo Político por Uruguay 2030 se vieron reflejados en el PETLI 2030 del MTOP. Desde el punto de vista de la **oferta energética**, entre los objetivos particulares más vinculados directamente al sector transporte pueden mencionarse:

- El impulso al desarrollo nacional de biocombustibles (incluyendo a mayor plazo los de segunda y tercera generación),
- la intensificación de la participación del gas natural en la matriz uruguaya, y
- la ampliación de redes de transmisión y distribución eléctrica para soportar el crecimiento de la demanda (a originarse por la introducción de autos eléctricos o híbridos).

En cuanto a la **demanda energética**, el objetivo general de promover la eficiencia energética en todos los sectores alcanza al transporte. El objetivo particular de contar con la normativa y la estructura impositiva adecuada para promover la eficiencia energética aplica a transporte y otros sectores, en tanto el siguiente es específico para el sector transporte:

*“Visto que el sector del transporte ha sido históricamente el principal consumidor de energía del país, es necesario integrar la mirada energética en las políticas estatales de transporte, de manera de promover los cambios de modos, medios y fuentes que aumenten la eficiencia energética del sector. Debe tenerse en cuenta que solo mediante una acumulación de políticas puntuales (impulso del ferrocarril y del transporte fluvial, promoción de un sistema de transporte colectivo urbano e interurbano más eficiente y atractivo para el usuario, impulso de los biocombustibles y comienzo de la utilización de vehículos híbridos eléctricos,*

*recambio de flotas de transporte de mercaderías y pasajeros, promoción de la conducción eficiente, adaptaciones impositivas, etc.) puede conseguirse un impacto energético significativo y una disminución de la dependencia del petróleo.” (MIEM - DNE, 2008)*

En el año 2009 se aprobó la ley N° 18.597 de Uso Eficiente de la Energía (Poder Legislativo ROU, 2009), que declara de interés nacional el uso eficiente de la energía con el propósito de contribuir con la competitividad de la economía nacional y el desarrollo sostenible del país. La ley constituye el marco jurídico-institucional para el desarrollo de una política de eficiencia energética y establece, entre otras medidas, la elaboración del Plan Nacional de Eficiencia Energética y la definición de una Meta de Energía Evitada.

Consecuentemente, el 3 de agosto de 2015 con el Decreto 211/015 se aprobó en Uruguay el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015-2024 (PNEE) (MIEM, 2015), que presenta diversos instrumentos mediante los cuales se alcanzará una meta de energía evitada de 1.690 ktep en dicho período.

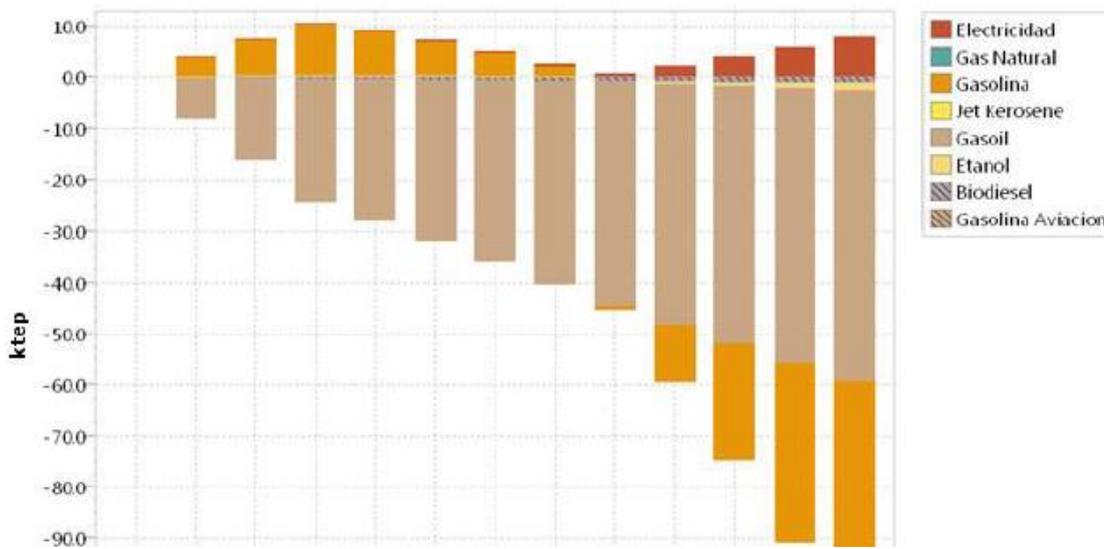
Esta meta se definió a partir de la comparación de un dos escenarios de consumo: un escenario tendencial, que proyecta la demanda energética del año 2012 al 2035 sin plantear cambios significativos dentro de las estructura de consumo, y un escenario de eficiencia energética, que toma como base el escenario tendencial e incorpora los efectos esperados de la aplicación de los instrumentos que se promueven en el plan. De este estudio surge que, a través de las medidas de eficiencia que se incorporarán, se alcanzará un 5% de reducción de consumo en relación al escenario tendencial.

El PNEE considera que existe un importante potencial de reducción de consumo en el sector transporte por medio de tecnologías y pautas de conducción más eficientes, y la sustitución y optimización de medios y modos de transporte. A los efectos de promover una política nacional integrada y la coordinación de acciones, en abril de 2014 se conformó el Grupo Interinstitucional de Eficiencia Energética en el Transporte, integrado por representantes del MVOTMA, MTOP, MIEM, ANCAP, UTE y la Intendencia de Montevideo. El MIEM impulsará las siguientes líneas de trabajo para el sector transporte en el marco del PNEE (MIEM, 2015):

- **Generación de información de base y estudio de escenarios**  
Caracterizar periódicamente los consumos y recorridos del parque vehicular, analizar distintos escenarios de penetración de tecnologías eficientes y fuentes en el sector para proyectar la demanda asociada, mejorar la gestión de flotas con análisis informáticos, y continuar las pruebas con tecnologías vehiculares.
- **Implementar un programa de etiquetado vehicular**  
Difundir el rendimiento de combustibles de vehículos livianos según la norma UNIT 1130:2013 (adopción voluntaria), incorporando los vehículos al Sistema Nacional de Etiquetado en Eficiencia Energética (EE) y analizando su impacto; evaluar la factibilidad de un laboratorio nacional de ensayo de EE vehicular.
- **Realizar cursos de técnicas de conducción eficiente y medición de resultados**  
Continuar lo que se realiza para conductores profesionales y extenderlo hacia un público masivo.
- **Ampliar la inspección vehicular en el transporte carretero de vehículos pesados**  
Incorporar conceptos de EE en la inspección técnica de vehículos pesados que actualmente hace la DNT con una empresa privada concesionaria, analizando la adopción de ensayos de EE y la ampliación de la medición de emisiones.

Con la aplicación de las acciones del PNEE para el sector transporte, en la [Figura 4-6](#) se muestran los resultados de la modelación en la variación del consumo energético, asumiendo una importante sustitución de fuentes por introducción de nuevas tecnologías en el recambio de flotas. Al final del período, en 2024, se estima un parque de taxis y remises con 30% de fuentes no tradicionales (híbridos, eléctricos y GNC), y 16% de las mismas tecnologías en el parque vehicular particular, y una reducción anual de 100 ktep.

**Figura 4-6: Variación de consumo (ktep) del sector transporte, por fuente de energía, en el escenario de eficiencia energética.** Fuente: (MIEM, 2015)



Uruguay no cuenta actualmente con estándares mandatorios para emisiones de gases contaminantes vehiculares, a excepción de lo establecido por el Decreto 419/008 del MTOP para vehículos pesados (camiones y ómnibus interdepartamentales), de las categorías N2, M2, N3, M3, O2 y O3. Este Decreto entró en vigencia en 2009 y exige que los vehículos nuevos de dichas categorías cumplan con los estándares Euro III o U.S. EPA 98. La aprobación la realiza la DNT a través de la revisión de la documentación sobre el vehículo o motor suministrada por el importador o fabricante. Si bien estos estándares no contemplan la eficiencia energética, el mejor desempeño desde el punto de vista de emisiones de gases contaminantes tiene asociada una mejor combustión, también más eficiente desde el punto de vista de la energía. La inspección técnica vehicular anual establecida en los Decretos 20/990, 21/990 y 260/995 que realiza la empresa privada SUCTA S.A., concesionaria del MTOP, incluye el control de la opacidad de los gases de escape, e indirectamente también la eficiencia de la combustión.

En el Anexo 4 se describen detalladamente las diferentes opciones tecnológicas identificadas para el sector transporte.

#### **4.4 Resumen de posibles opciones de tecnologías de mitigación en el sector transporte y sus potenciales de mitigación y otros posibles co-beneficios**

En el marco de distintas actividades el país ha elaborado propuestas a nivel nacional o metropolitano de líneas de acción y medidas concretas para la mitigación de las emisiones de GEI en el sector transporte. Entre los antecedentes más recientes pueden mencionarse:

##### ***Intended National Determined Contribution (2015)***

- Mejora y promoción del transporte público
- Promover la mayor penetración de vehículos eléctricos e híbridos
- Promover un sistema eficiente de transporte multimodal de carga

##### ***Low Emission Growth Options for Uruguay: Towards a Sustainable Low-Carbon Economy*** (World Bank, 2014)

- Revitalización del sistema de transporte ferroviario existente.
- Mejora de la gestión del tránsito en el área metropolitana de Montevideo.
- Renovación de la flota nacional de transporte de cargas.
- Conversión de la flota nacional de taxis a tecnología de combustible GNC.

- Incremento en la adopción de vehículos de bajas emisiones (motores avanzados).
- Incremento en uso de biocombustibles (etanol y biodiesel).
- Implementación de un programa de etiquetado de eficiencia energética vehicular.
- Política para desalentar la adquisición de vehículos privados (p.ej. impuestos por el registro de autos), especialmente enfocada a una marcada reducción en el uso de vehículos de gran cilindrada.
- Políticas que incluyan programas para la gestión de la demanda de viajes (p.ej. peajes en rutas, reforma de sistema de estacionamientos), así como un enfoque sobre la mejora de la frecuencia y calidad del transporte público y de la fluidez del tránsito. Mejora en la movilidad mediante la incorporación de tecnologías para la gestión del tránsito para vehículos de transporte masivo, como son la señalización de tránsito avanzada y la información en tiempo real del tránsito.
- Políticas que desalienten el crecimiento urbano disperso (p.ej. límites para densidad mínima de población); iniciativas que priorizan núcleos urbanos densos con usos mixtos del territorio (p.ej. desarrollos orientados por el tránsito); desarrollo de infraestructuras de transporte (p.ej. espacios dedicados para peatones y redes de tránsito público).

***Hacia una economía verde en Uruguay: condiciones favorables y oportunidades*** (PNUMA, 2015)

- Reorganización y mejora de la gestión del sistema de transporte público de pasajeros en Montevideo, que incluya la reducción y racionalización de los recorridos, la introducción y la fiscalización del cumplimiento de las regulaciones de circulación.
- Implementación de un sistema de etiquetado de eficiencia energética de vehículos e introducción de incentivos económicos, tributarios y financieros, basados en la eficiencia del vehículo.
- Rehabilitación de los principales tramos de la red ferroviaria como alternativa al transporte de carga por carretera.

***Proyecto “Desarrollo local resiliente al cambio climático y de bajas emisiones de carbono en los departamentos de Canelones, Montevideo y San José”. Estudio de pre-factibilidad económico-financiera de alternativas de mitigación*** (PNUD, 2012)

- Línea: Innovación tecnológica en los sistemas de transporte. Medidas:
  - Incorporación de vehículos híbridos en las flotas de vehículos de transporte particular.
  - Control de las condiciones de mantenimiento de los vehículos e implementación de programas de inspección vehicular con control de emisiones.
- Línea: Movilidad urbana baja en carbono. Medida:
  - Implementación de un plan de transporte activo (instalar ciclovías).
- Línea: Cambio cultural en el uso del transporte. Medida:
  - Implementación de un programa de prácticas de conducción eficiente en las flotas de transporte público y privado.

En la [Tabla 4-3](#) se indican las bases, potenciales de mitigación y costos marginales de abatimiento de las anteriores medidas sobre las que se cuenta información. Los co-beneficios para los cuales se calcula un costo en la tabla se refieren en general a mejoras en la salud por una reducción en la atmósfera de los niveles de contaminación (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, VOCs, PAHs) generados por la combustión de gasolina y gasoil en los motores vehiculares. En algún caso, como en la reducción de tiempo de viaje por mejoras en la gestión del tránsito, el ahorro de tiempo se costea en base al PBI per cápita y 2000 horas/año de trabajo.

#### **4.5 Criterio y proceso para priorización de tecnologías en el sector transporte**

En línea con lo establecido en la Guía ENT (Haselip, Narkeviciute, & Rogat Castillo, 2015), el proceso de priorización de tecnologías procura optimizar los recursos económicos atendiendo a los planes y programas que ya vienen desarrollándose a nivel nacional. De esta forma, los resultados de la priorización en los plazos previstos por el proyecto ENT deben ajustarse en la medida de lo posible a los cronogramas ya establecidos en los planes nacionales. En la sección 3.3 se describe genéricamente el proceso para priorización empleado para todos los sectores.

En el caso de tecnologías de mitigación, el **potencial de reducción de emisiones** es uno de los elementos más importantes para la priorización. No obstante, otros factores de la tecnología, como la **transversalidad de su aplicación** a otros subsectores o sectores, así como los **potenciales beneficios adicionales** que conlleve su aplicación (como el desarrollo de capacidades locales o mejor adaptación al cambio climático), pueden determinar que no se opte por la tecnología que alcanza el mayor abatimiento de emisiones. En cualquier caso, la tecnología debe asegurar con alto **grado de certidumbre que se alcancen los resultados previstos** y, según el caso, que estos puedan extenderse en el futuro a proyectos de mayor alcance.

En base a los criterios mencionados anteriormente, **no se considera conveniente priorizar las opciones tecnológicas que ya tienen un grado de avance significativo** dentro de la planificación de los organismos estatales competentes, y que además tienen previstos recursos económicos para continuar con su ejecución. Esto mismo es especialmente aplicable - a las tecnologías que ya son impulsadas por el propio mercado, naturalmente o gracias a los incentivos previstos en su momento desde el Estado para expandirlas.

En la [Tabla 4-2](#) se resumen los principales criterios empleados en la evaluación de las distintas medidas genéricas propuestas por UDP en su guía para mitigación en el sector transporte, y que se presentaron anteriormente con mayor detalle en la [Tabla 4-1](#).

Como se detalla en la descripción del contexto, ya hay experiencias con vehículos eléctricos en flotas cautivas, con incentivos fiscales para favorecer su expansión. El etanol y el biodiesel ya están incorporados a los combustibles, en proceso de aumentar su porcentaje en la composición genérica, y realizando experiencias con flotas cautivas para porcentajes aún mayores (taxis fuel-flex para mezclas con etanol y ómnibus urbanos con biodiesel). En el caso del uso del GNC, la culminación de las obras de la regasificadora y su puesta en operación son la actual limitante para avanzar con esta opción. No obstante, existe desde 2003 reglamentación y capacidad técnica para su uso, y las gremiales de taxistas ya manifestaron interés en el empleo de GNC, además de comenzar a hacer experiencias con vehículos fuel-flex capaces de emplear ese combustible. Es probable que las necesidades más importantes para la expansión de los vehículos eléctricos y a GNC pasen entonces por el desarrollo de infraestructura de estaciones de carga, aunque esto sería recién para la etapa posterior a la de flotas cautivas (El Observador, 2014) (NextFuel, 2014).

En relación a las opciones de mitigación vinculadas al fomento del transporte activo y la mejora de la gestión del tránsito (incluyendo obras de infraestructura, como corredores rápidos), existe una planificación en ejecución para Montevideo, ciudad que concentra casi la mitad de la población del país. Los problemas de funcionamiento en determinadas intervenciones urbanas plantearon la revisión de algunos proyectos con el fin de incorporar las lecciones aprendidas, pero sin comprometer la ejecución del plan.

El fomento de un sistema de transporte urbano colectivo está en la agenda de acciones de corto plazo del plan estratégico del MTOP, procurando revertir la tendencia de los últimos años al menor uso del sistema de transporte público de Montevideo. Esta tendencia es, en opinión de autoridades municipales, difícil de revertir en el mediano plazo, ya que las barreras son múltiples (tecnológicas, de infraestructura, culturales) y complejas de abordar. Como parte del paquete de soluciones para el transporte masivo, que los expertos coinciden en que debe ser multimodal, se han planteado intervenciones de gran porte, como el proyecto de tren eléctrico liviano por el eje de mayor tránsito de la ciudad. Los resultados de este estudio de viabilidad todavía no han sido difundidos, lo que plantea incertidumbres sobre la conveniencia de priorizar esta tecnología en el proyecto ENT.

La opción de incremento del transporte ferroviario de carga no surge directamente como prioritaria en los talleres interinstitucionales, pero es una forma de abordar los problemas que genera el transporte carretero de carga, el cual quedó ubicado en tercer lugar de los subsectores de transporte priorizados. Además, el fomento del uso del ferrocarril para transporte de cargas es también uno de los seis lineamientos que integran la agenda de acciones de corto plazo del plan estratégico del MTOP de diciembre de 2011.

**Tabla 4-2: Principales criterios considerados en las medidas de mitigación en el sector transporte.**

Medidas	Principales criterios considerados en la evaluación de aplicación local de las medidas
Promover ciudades para caminar	<p>El criterio más relevante para la evaluación de este grupo de medidas es el grado de avance, estudios previstos y planificación que dichas medidas ya tienen para la región Metropolitana de Montevideo, que es donde son más significativas. El Plan de Movilidad Urbana contó en su Etapa I con fondos del Banco Interamericano de Desarrollo en el orden de 100 M US\$, y para su Etapa II está previsto una inversión de 82 M US\$. En el Anexo 5 se describen algunas de las iniciativas que desarrolla la Intendencia de Montevideo en línea con los componentes que integran este grupo de medidas (ver Figura 4.4).</p> <p>Es importante destacar que la tendencia que se ha observado en el área metropolitana de Montevideo (AMM) es de disminución de la población en las áreas centrales y de crecimiento en las áreas periféricas. Esta tendencia se ha intentado revertir, en función de que las áreas centrales cuentan con servicios e infraestructuras sub-utilizados, al revés que las áreas periféricas. Desde el punto de vista del transporte también se busca el mismo objetivo. No obstante, factores culturales y económicos generan barreras muy importantes que determinaron el escaso éxito de iniciativas previas. Actualmente está en ejecución el Plan de Revitalización de Ciudad Vieja de 2 años, ejecutado por la IMM con el Fondo Especial de Japón a través de BID, por un total de 0,93 M US\$.</p>
Apoyar el uso de bicicletas	
Desarrollo orientado al tránsito	
Reducción de la necesidad de transporte	
Gestionar la demanda de vehículos particulares	
Influenciar en la elección de la opción de traslado	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.
Gestión del tránsito	En función de los recursos ya disponibles y de las barreras para algún caso específico es que se opta por priorizar otro grupo de medidas.

A pesar de la fuerte inversión prevista y parcialmente ejecutada en infraestructura ferroviaria, la más grande de los últimos 50 años de acuerdo al MTOP (Genta, 2013), en 2014 el gobierno reconoce que todavía no se lograron avances con el tren de carga (Redacción 180, 2014). Por ejemplo, persisten problemas de seguridad en tramos ferroviarios (incluso en los que tuvieron inversión) que impiden cumplir con los estándares internacionales de vías con capacidad para soportar 18 ton por eje y velocidades de 40 km/h. En la visión de organismos de financiamiento como el Banco de Desarrollo de América Latina, el modelo ferroviario de transporte está muy rezagado en América Latina en comparación con Europa y EEUU por la inflexibilidad de gobiernos y sindicatos a los cambios, lo que entienden en parte explica la pérdida de mercado frente a los camiones (Zecca, 2014).

**Tabla 4-3: Opciones de mitigación para el sector transporte en Uruguay formuladas en los últimos años, indicando potenciales y costos de abatimiento**

Opciones de Mitigación	Bases	Reducción total de CO2 entre 2014 y 2035 ktCO2	Costo marginal social (sin co-beneficios) USD/tCO2	Costo marginal social (con co-beneficios) USD/tCO2
<b>Etiquetado de vehículos</b>	Voluntario desde 2014, obligatorio en 2017; para autos privados a gasolina; cubre el 88,6% del consumo de gasolina; 10% de reducción en 80% de vehículos vendidos. El control no se realiza con laboratorio de ensayos nacional. 2014 - 2035	2.873	-417	-451
<b>Introducción de vehículos con bajas emisiones</b>	15% de híbridos y 7% eléctricos en 2035; parque actual de 725.459 autos crece 2,4% anualmente; ahorro de combustible: 60% en híbridos (evolucionando a 55% en 2035) y 100% en eléctricos. Costo del vehículo: USD 22.000. 2014 - 2035	2.531	395	359
<b>Uso de biocombustibles</b>	Empleo de gasolina E5 y gasoil B5 en vehículos en el transporte público y privado, en la proyección del escenario BAU hasta 2035. Las reducciones de emisiones de CO2 por litro de biocombustibles se corrigieron a la baja para considerar todo su ciclo de vida (51% el etanol, 20% el biodiesel) 2014 - 2035	1.281	207	176
<b>Revitalización del transporte ferroviario</b>	Incremento de transporte de carga reemplazando a carretero de 253.000 ton/año entre 2014 y 2025, y luego queda constante hasta 2035. Camión consume 5 L/km y transporta 28 ton; para el tren se considera 4,4 L/km y 540 ton netas de carga. En promedio se transportan 258 km por tonelada (km-t). Inversión de capital en vías: MUSD 600. 2014 - 2035	375	1.819	1.477
<b>Conversión de flota de taxis a GNC</b>	Entre 2014 y 2019 se convierte anualmente el 10% de la flota (2.000 unidades en 2014, crece 1% anual); luego conversión crece 1% anual hasta 2035, llegando al 50% de la flota. Costo reconversión: USD 6.007/vehículo; 4 estaciones GNC. 2014 - 2035	150	-345	-374
<b>Renovación de flota de camiones pesados</b>	Reemplazo de 4.260 camiones livianos (<130 HP; promedio 4,5L) y 1.952 pesados (>130 HP, promedio 10 L) con más de 30 años, en el período 2014-2020. Costo vehículo nuevo: 6.667 USD/L. Ahorro de combustible por año: liviano 346 L, pesado 1.647 L. 2014 - 2035	163	407	161
<b>Renovación de flota de camiones livianos</b>		66	1.133	1.100
<b>Mejora de gestión del tráfico en Montevideo</b>	En función del sitio incluye instalación y optimización de tiempo de señales de tránsito, prohibición de estacionar en horas pico, y ensanchamiento de avenidas. Inversión de capital: 5,6 MUSD; O&M anual: 10% costo de capital; ahorro total combustible 24 millón litros / año (decrece 20% cada 5 años). 2014 - 2035	59	-54	-1.448
<b>Conducción eficiente en la región Metropolitana</b>	Según la Agencia Internacional de Energía, esta medida permite ahorrar hasta un 20% del consumo de combustible utilizado por algunos conductores y probablemente un 10% para un conductor promedio en forma duradera. Se asume que el ahorro evoluciona desde 1% en 2012 hasta el 8,5% entre 2025 y 2030. 2012 - 2030	2.703	-235	Sin datos
<b>Incorporación de vehículos híbridos en la región Metropolitana</b>	El porcentaje de penetración en el parque vehicular evoluciona de la siguiente manera: 2015 1%, 2020 2%, 2025 5% y 2030 10%. Ahorro de combustible del vehículo híbrido: 60%. Costo de referencia asumido del vehículo: USD 42.000. 2012 - 2030	312	2.275	Sin datos
<b>Control de condiciones de mantenimiento de vehículos en la región Metropolitana</b>	Diseño y desarrollo de planes de inspección técnica vehicular obligatoria a nivel municipal periódica en función de la antigüedad del vehículo, asumiendo un 10% de ahorro de combustible en base a la experiencia internacional. 2012 - 2030	2.866	-240	Sin datos

Fuentes: (World Bank, 2014) y (Mattos, 2011)

Los intentos previos de revitalización del sistema ferroviario hasta ahora han fracasado, por causas que analistas con distintas ópticas asignan a diferentes situaciones, entre otras: falta de inversión, gestión

ineficiente, marco normativo inadecuado, modelo de explotación (estatal, público-privado o concesionado), inflexibilidad de los partes interesada y falta de voluntad política. Los antecedentes y el análisis preliminar de barreras para esta opción tecnológica plantean incertidumbres que, a menos que se adviertan señales en sentido contrario en el corto plazo, relegan su priorización para el proyecto ENT.

Las opciones tecnológicas orientadas a la mejora de la eficiencia energética en el transporte, especialmente las que se enmarcan en el Plan Nacional de Eficiencia Energética, se ajustan a varios de los criterios establecidos para la priorización en el proyecto ENT:

- Las medidas están alineadas con la planificación nacional;
- existe una base de reglamentación legal y técnica para su aplicación;
- existe una base de recursos humanos con capacidad técnica para ejecutarlas;
- son transversales a los tres subsectores que obtuvieron mejor puntaje en los talleres Las medidas son aplicables a todas las modalidades de transporte carretero);
- son transversales a otros sectores, como energía y todos los que tienen asociadas actividades de transporte (agro, residuos, turismo, etc.);
- se alcanzan reducciones significativas de emisiones de GEI con inversiones relativamente bajas;
- hay una alta probabilidad de alcanzar los objetivos de reducción de GEI proyectados;
- como la mayoría de las medidas en este sector, tiene asociado co-beneficios por mejoras en la salud por reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos;
- puede requerir la introducción de tecnología no disponible en el país para el laboratorio de control de emisiones.

#### **4.6 Resultado de la priorización de tecnologías en el sector transporte**

Las tecnologías priorizadas en el sector transporte están asociadas a las siguientes medidas:

- Implementar un sistema de etiquetado de eficiencia energética vehicular, según la norma UNIT 1130:2013, incorporando los vehículos al Sistema Nacional de Etiquetado en EE y dando amplia difusión a los rendimientos vehiculares. Como es la práctica habitual en la implementación de este tipo de programas, el etiquetado será voluntario en la primera fase y obligatorio luego de uno o dos años. Se evaluará la revisión de la norma UNIT 1130 en función de la experiencia realizada en otros países y las condiciones locales. Al menos inicialmente el etiquetado se hará con certificados suministrados por los fabricantes o importadores. Los certificados deberán estar emitidos por laboratorios de ensayo debidamente acreditados y eventualmente auditados por técnicos nacionales de los organismos de contralor.
- Ampliar la inspección técnica obligatoria de vehículos en uso que actualmente se realiza para vehículos livianos a nivel de Montevideo y de vehículos pesados por la DNT, extendiendo la primera a alcance nacional, e incorporando en ambos casos elementos de eficiencia energética y de control de otras emisiones.
- Fortalecer y ampliar los programas actuales de conducción eficiente y mantenimiento vehicular para conductores profesionales de flotas públicas y privadas, extendiéndolo al público masivo.
- Introducción de nuevos incentivos económicos, tributarios y financieros, basados en la eficiencia del vehículo. En particular, evaluar sistemas *CO<sub>2</sub> tax*, *Bonus/Malus* y *Feebate*.
- Introducción de estándares mínimos de eficiencia vehicular, en paralelo con los estándares para emisiones vehiculares de contaminantes. La disponibilidad en Uruguay de combustibles con bajo nivel de azufre habilita el funcionamiento de motores con tecnologías de baja emisión de contaminantes, lo que a su vez permite exigir estándares mínimos para éstos. Hasta el momento solo hay una exigencia para determinados vehículos pesados que ingresan al país (estándar Euro III), pero la propuesta del Grupo de Estandarización en Aire coordinado por DINAMA pretende elevar la exigencia al equivalente de Euro V, haciéndolo extensivo a vehículos livianos. La tecnología más avanzada requerida para bajar las emisiones conlleva mejoras en la eficiencia energética, y por tanto permitiría también exigir mínimos para ésta.

- Instalación de un laboratorio de ensayos de eficiencia energética y emisiones vehiculares para certificados de homologación. Si bien es posible llevar adelante un programa de etiquetado de vehículos y de establecimiento de estándares mínimos de eficiencia energética vehicular sin contar con un laboratorio nacional de ensayos para su medición, su instalación debe ser evaluada cuidadosamente, considerando aspectos técnicos, económicos y estratégicos. La opinión a priori de los expertos chilenos sobre la conveniencia para Uruguay de contar con un laboratorio de ensayos no es unánime. Mientras que técnicos del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones de Chile estiman que el mercado de Uruguay no es suficientemente grande para sostener económicamente sus costos fijos de operación, desde el Centro Mario Molina se considera que el laboratorio cumple un rol fundamental en la fiscalización de los vehículos nuevos ofrecidos en el mercado, así como en brindar capacidades de investigación en el área de emisiones (p.ej. evolución de emisiones con edad del vehículo, emisiones con distintas mezclas de biocombustibles, emisiones con otros ciclos de circulación, etcétera).
- Evaluar la eliminación de la circulación de vehículos más antiguos, como fue planteado por el MTOP en los programas de chatarrización de camiones con más de 30 años de antigüedad.
- Generar información de base caracterizando periódicamente los consumos y recorridos del parque. Analizar los impactos de las medidas implementadas y emplear tecnologías informáticas para la gestión de flotas y el estudio de distintos escenarios futuros, proyectando la demanda asociada y la evaluación de nuevas medidas.

En la [Tabla 4-3](#) pueden encontrarse los abatimientos de emisiones de GEI que se estimaron para algunas de estas medidas, aunque el alcance puede variar para las propuestas del ENT. Debe tenerse en cuenta que los abatimientos de cada medida no pueden acumularse de forma simple, ya que las medidas en general no son independientes entre sí.

Es importante destacar que la experiencia internacional ha demostrado que es preciso acompañar los programas de etiquetado de eficiencia energética vehicular con otras medidas fiscales e incentivos económicos para que resulten efectivos en la reducción de emisiones vehiculares de GEI. El etiquetado de eficiencia energética por sí solo no es suficiente, dado que lo que los consumidores muchas veces priorizan son otros aspectos del vehículo. La experiencia en Chile lo ha comprobado con encuestas: la seguridad (número de airbags) y el servicio técnico fueron seleccionados como más importantes que el rendimiento en combustible a la hora de comprar un vehículo.

De acuerdo a los expertos chilenos en el tema, a la mejora de base en la eficiencia energética originada por la evolución tecnológica de los vehículos, estimada en 1% anual (expresada en ahorro del consumo de combustible), se le agrega con los incentivos fiscales un ahorro adicional del 3% o 4% anual. Este ahorro puede ser superior en los primeros años de implementación de las medidas.

Hay al menos un problema de entidad que solucionar a la hora de reducir las emisiones de GEI exclusivamente mediante el estímulo a una mayor eficiencia en el uso del combustible. En primer lugar, la mejora de la economía de combustible significa viajar más barato, y esto puede animar a que la gente conduzca más<sup>6</sup>. Por lo tanto, para maximizar el efecto de reducción de GEI, estas medidas pro aumento de la eficiencia deber ir acompañadas de otras de gestión de la demanda. Un estudio (Timilsina & Dulal, 2009) encontró que los impuestos al carbono son mucho más eficaces en la reducción de gases de efecto invernadero que las que apuntan a optimizar el uso del combustible. Esto tiene sentido en tanto que mientras mayor economía de combustible hace que los viajes sean más baratos, impuestos al carbono hacen que sea más caro, con el viaje en vehículos menos eficientes siendo el viaje más caro de todos. De todas formas, este tipo de impuestos en países no Anexo-1 como Uruguay tendrán que esperar a nuevos avances en las negociaciones de un nuevo tratado post Kyoto, en el seno de la CMNUCC.

Una segunda cuestión relacionada con el éxito de las normas de eficiencia en el combustible es que solo se aplican a los vehículos nuevos, por lo que quedarían fuera del sistema la mayoría del parque automotor, correspondiente a vehículos usados. Este problema se puede abordar desde los programas de chatarrización

---

<sup>6</sup>Esto es universalmente conocido en economía ambiental como la paradoja de Jevons.

para los vehículos más antiguos, y mitigar las emisiones en la medida de lo posible a través de las otras medidas (conducción y mantenimientos eficientes, inspecciones técnicas vehiculares).

#### 4.7 Desarrollo de las tecnologías propuestas

Uruguay ha participado en los últimos años en proyectos y talleres de fortalecimiento de las capacidades nacionales en el tema de medición y reducción de las emisiones vehiculares, entre los que se destacan los siguientes:

- Taller de Intercambio Chile – Uruguay: Etiquetado vehicular – legislación, control y certificación. Setiembre 1 y 2, 2015. Organizado por la DNE – MIEM
- Proyecto “Capacity Building for Emission Measurements in Uruguay”. VTT (Finlandia) – LATU (2012 – 2014)
- Proyecto “Combustibles y vehículos limpios, y un transporte vial más eficiente” en el marco del Global Fuel Economy Initiative (GFEI). DINAMA – Centro Mario Molina (Chile) (2012 – 2015).

El Plan de Eficiencia Energética de la DNE publicado en 2015 y los resultados del proyecto GFEI son insumos clave para el desarrollo de las tecnologías propuestas.

La metodología del GFEI (GFEI, 2015), que fue la aplicada en Chile, se desarrolla en cuatro etapas:

1. **Planificación.** Esta es la etapa más larga, en la cual las autoridades públicas:
  - a. Colectan la información y el status quo previo a la aplicación de políticas (establecimiento de la línea de base).
  - b. Seleccionan la combinación y el alcance de las políticas de ahorro de combustible.
  - c. Se aseguran los recursos, incluyendo el *expertise*, para alcanzar e implementar las metas establecidas en las políticas.
  - d. Establecen los métodos de medición, valores meta y forma de los estándares de eficiencia energética (ahorro de combustible).
  - e. Determinan el diseño del etiquetado de ahorro de combustible y de las medidas fiscales.
2. **Implementación.** Las autoridades públicas competentes certifican y supervisan los valores de los ensayos de eficiencia energética vehicular.
3. **Monitoreo.** Las autoridades públicas competentes monitorean los datos de la certificación y llevan a cabo auditorías para verificar el cumplimiento de los estándares y etiquetados de eficiencia energética.
4. **Evaluación.** Las autoridades públicas competentes analizan y evalúan los datos de los ensayos para verificar si son necesarios procedimientos para forzar el cumplimiento de los estándares; evalúan los impactos de las políticas de ahorro de combustible, y, si es necesario, revisan las políticas para tener en cuenta los avances tecnológicos y las fallas o faltantes en el diseño de las políticas.

A los efectos de contar con una aproximación de los costos de inversión y operación que requiere un laboratorio de ensayos de eficiencia energética vehicular, en la [Tabla 4-4](#) se presenta el detalle de los costos del laboratorio de Chile. En la [Tabla 4-5](#) se presentan los costos que para las importadoras de vehículos livianos representan los diversos análisis que ofrece el laboratorio de Chile.

El laboratorio tiene capacidad para ensayar 14 vehículos livianos por semana, lo que equivale a unos 700 al año y da un ingreso promedio por venta de servicios de USD 1,4 millones. El presupuesto anual del Centro de Control y Certificación Vehicular de la Subsecretaría de Transportes de Chile es de USD 1,7 millones, que incluye otras unidades, además del laboratorio de ensayos de vehículos livianos.

Como puede verse en la [Tabla 4-4](#), el laboratorio tiene un costo operativo anual de aproximadamente US\$ 230.000. Si bien los expertos de Chile tienen dudas de la sostenibilidad de un laboratorio equivalente en Uruguay que se financie exclusivamente con la venta de servicios, con una venta anual de 50.000 vehículos livianos al año en Uruguay, el costo operativo representa menos de US\$ 5 por vehículo vendido.

**Tabla 4-4: Costos de inversión y operación del laboratorio para medición de eficiencia en el consumo de combustibles y medición de emisiones en Chile.**

ITEM	DESCRIPCIÓN		MONTO
INVERSIÓN	Obras Civiles	432 m <sup>2</sup> Construidos	US\$ 620.000
	Equipos	Equipo Analítico de Emisiones y Toma de Muestra	US\$ 1.300.000
		Instalación, Puesta en Marcha y Capacitación	US\$ 60.000
		Dinamómetro Chasis	US\$ 655.000
		Instalación Obras Civiles y Eléctricas	US\$ 110.000
		Cámara SHED / FID HC	US\$ 110.000
		Instalación Centralizada de Gases Operación	US\$ 65.000
		Equipamiento de Calibración y Verificación	US\$ 36.000
		Contador de Partículas	US\$ 145.000
		Cromatógrafos	US\$ 86.000
		Sistema Verificación Calibración Automatizado	US\$ 97.000
	Capacitación Operacional General	US\$ 30.000	
	<b>TOTAL</b>		<b>US\$ 3.314.000</b>
	GASTO OPERACIONAL ANUAL	Mantenimiento	Equipo Analítico de Emisiones y Toma de Muestra
Dinamómetro Chasis			US\$ 19.000
Cromatógrafos			US\$ 7.000
Otros			US\$ 15.000
<b>TOTAL</b>			<b>US\$ 98.000</b>
Insumos Críticos		Gases Patrones	US\$ 29.000
		Repuestos	US\$ 29.000
		Combustibles de Referencia	US\$ 65.000
		Otros	US\$ 8.500
		<b>TOTAL</b>	<b>US\$ 131.500</b>

Fuente: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Sub Secretaría de Transportes de Chile, 2015.

**Tabla 4-5: Costos de los diversos análisis ofrecidos en Chile para la estimación de la eficiencia en el uso de combustibles y emisiones de vehículos livianos.**

COSTOS SERVICIO PARA USUARIOS	COSTO
Homologación Vehículo Motor Gasolina	US\$ 2.586
Homologación Vehículo Motor Gasolina con Cromatografía	US\$ 3.335
Homologación Vehículo Motor Diésel	US\$ 3.986
Homologación Vehículo Motor Diésel con Cromatografía	US\$ 5.251
Homologación Vehículo Eléctricos, Híbridos y Gas	US\$ 0
1 Prueba Emisiones Motor Gasolina	US\$ 688
1 Prueba Emisiones Motor Diésel	US\$ 693
1 Prueba Emisiones Motor Gasolina con Cromatografía	US\$ 938
1 Prueba Emisiones Motor Diésel con Cromatografía	US\$ 946

Fuente: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Sub Secretaría de Transportes de Chile, 2015.

Considerando que un laboratorio de estas características debe renovarse en un período estimado de 7 a 10 años, también de acuerdo a la información brindada por los técnicos chilenos, los costos de inversión en equipamiento (de entre 3 y 4 millones de USD) tampoco parecen desproporcionados si se miden con el mismo criterio de autos vendidos en ese período.

En el Anexo 4 se resumen algunas experiencias internacionales en etiquetado de eficiencia energética vehicular.

## CAPÍTULO 5 : SECTOR ENERGÍA E INDUSTRIA

Según lo consignado en la Contribución Prevista Nacionalmente Determinada por Uruguay, así como la producción de carne vacuna es la actividad que emite más CH<sub>4</sub> (78%), el sector energía (incluyendo transporte) es el sector que más emite CO<sub>2</sub> (94%). Después del sector transporte, responsable del 48% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el sub-sector de las industrias de generación de energía ocupan el segundo lugar con el 19% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> del país en 2010. Como lo consignado para los otros sectores y basado en lo consignado en las INDCs presentadas por Uruguay, también se pretende trabajar en el sentido de reducir la intensidad de emisiones en relación a la unidad de producto, como se detalla a continuación.

Gracias a la transformación estructural en curso de la matriz de generación eléctrica, Uruguay alcanzará en 2017 un 88% de reducción de sus emisiones absolutas en este subsector en relación al promedio anual del período 2005-2009, con un consumo mayor. En 2017, las emisiones del sistema de generación eléctrica nacional alcanzarán a 17 gCO<sub>2</sub>/kWh. Esto se alcanzará con 40% de energías renovables no convencionales (fundamentalmente eólica, pero también fotovoltaica y mediante uso de residuos de biomasa), sumado a un 55% de fuente hidráulica (asumiendo un año de lluvias medias). Si bien este número se incrementaría en las próximas décadas por haberse alcanzado el límite de complementación eólico-hidráulico, podría permanecer en valores cercanos a los del 2017. En este contexto a mediano plazo, donde la complementación de eólico-hidráulica haya agotado su aportación, se vislumbra claramente la importancia que tendrán los aportes a la generación que provengan de fuentes renovables no tradicionales, como ser la energía geotérmica o la undimotriz. Sobre esto se volverá en el desarrollo de esta sección.

En el caso del sector energía e industria, los tres sub-sectores que tuvieron mayor puntaje en los talleres nacionales inter-institucionales para definir prioridades según la metodología multi-criterio propuesta por la Guía ENT (Haselip, Narkeviciute, & Rogat Castillo, 2015) fueron los siguientes, en orden decreciente de prioridad: energías renovables, gestión de recursos energéticos – planificación, y por último demanda industrial – uso intensivo de energéticos (ver metodología en 2.3 y resultados en Anexo 2).

En función de que el sub-sector de gestión de recursos energéticos plantea necesidades tecnológicas básicamente en el área de adaptación, la definición del sub-sector a priorizar para mitigación estuvo entre energías renovables y la industria con uso intensivo de energéticos. El criterio adicional propuesto por la coordinación nacional del proyecto de priorizar sub-sectores con aspectos comunes a más de un sub-sector favorece a priori al de energías renovables, que claramente tiene mayor transversalidad, además de una destacada relevancia estratégica dentro de la Política Energética Uruguay 2030.

La priorización del sub-sector energías renovables fue refrendada en las reuniones posteriores mantenidas con los co-coordinadores del MIEM y MVOTMA, donde también participaron los directores del Área de Energías Renovables y del Área de Demanda, Acceso y Eficiencia Energética. Si bien la eficiencia energética es también un área muy relevante dentro de la política energética, y podría abordarse desde el sub-sector de industria con uso intensivo de energía, se valoró que dicha área podría estar presente en el proyecto ENT transversalmente desde otro sector, como finalmente ocurrió con el sector transporte. Entre los objetivos que impulsan la priorización de las energías renovables se pueden mencionar:

- Mantener baja la huella de carbono
- Reducir importación de petróleo
- Disminuir costos energéticos sin subsidios
- Estabilizar tarifas
- Desarrollar capacidades nacionales
- Aumentar soberanía energética

En relación a cuál o cuáles energías renovables debían ser priorizadas, un primer criterio considerado por la DNE es dirigir los recursos hacia las energías renovables no tradicionales que requieren más investigación y desarrollo, alineado con uno de los objetivos (N°9) de la Política Energética Uruguay 2003, como se verá en el análisis de contexto.

A las energías renovables tradicionales del país, como son la hidroeléctrica de gran escala y la térmica a partir de biomasa tradicional (leña), se les han integrado en los últimos años la energía eólica terrestre y la solar térmica, dos tecnologías que si bien no han alcanzado todo su potencial de explotación, ya tienen un grado de madurez local que incluye una fuerte participación del sector privado sustentada en incentivos estatales, y que por tanto la DNE considera que no ameritan destinarles recursos derivados del proyecto ENT.

Por otra parte, el mismo criterio se extendería a otro grupo de energías renovables para las cuales ya hay o hubo proyectos concretos con financiamiento externo, como por ejemplo los referidos a la obtención de energía a partir de biomasa y residuos agroindustriales de diversos orígenes y mediante el empleo de tecnologías no tan consolidadas como las empleadas para leña (Proyectos ProBio (MGAP-MIEM-MVOTMA, 2013) y BioValor (MIEM-MVOTMA-MGAP, 2014)), o como los proyectos de micro-generación hidráulica (DNE, 2013).

La energía solar fotovoltaica a gran escala ha tenido un desarrollo muy rápido en Uruguay a partir de 2013, gracias a una sustancial reducción en sus costos y un marco normativo que incentiva proyectos de generación con esta tecnología. Si bien está en una etapa más avanzada de implementación que otras energías renovables no tradicionales (ver análisis de contexto), no tiene aún el grado de consolidación de las mencionadas anteriormente, y eventualmente podría considerarse para los proyectos ENT.

Por último, está el grupo de energías renovables que requieren más desarrollo, y dentro del cual la elección se orienta en función del horizonte de tiempo para el cual se espera poder obtener el financiamiento para los proyectos propuestos en el marco del ENT. La DNE visualiza el abordaje nacional de energías renovables no tradicionales de este grupo en el siguiente orden temporal:

- Horizonte 1: Geotérmica – Undimotriz – Térmica solar concentrada
- Horizonte 2: Biocombustibles de segunda generación
- Horizonte 3: Eólica off-shore

Se entiende que en función de los tiempos previstos para finalización del proyecto ENT, que habilitarían la búsqueda de mecanismos de financiamiento para el TAP, las energías renovables del Horizonte 1 serían las más indicadas para priorizar.

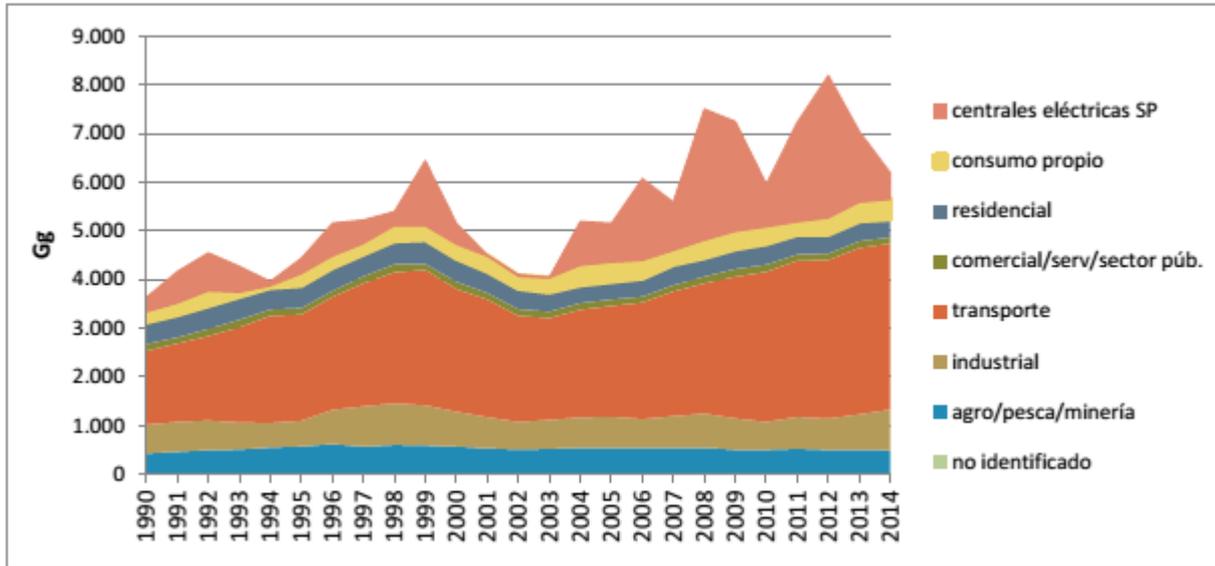
## **5.1 Emisiones GEI y situación global de las tecnologías de energías renovables**

Según el perfil de emisiones de Uruguay del INGEI 2010 (MVOTMA - SNRCC, 2015) la generación de energía más los procesos industriales representa el 17,8% del total de emisiones GEI del país; pero de este porcentaje, el 8,9% corresponde a quema de combustible en sector transporte, como puede verse en la [Figura 2-2](#). En la misma figura puede observarse que las emisiones de GEI de estos sectores prácticamente en su totalidad corresponden a emisiones de CO<sub>2</sub>, con aportes muy minoritarios de otros GEI. Por lo tanto, la evolución temporal de las emisiones de GEI coincide básicamente con las de CO<sub>2</sub> ([Figura 5-1](#)).

En la [Figura 5-2](#) se presenta la misma información de emisiones de CO<sub>2</sub>, pero con más detalle para el año 2013, año en el cual el 26,1% de las emisiones (1.837 Gg CO<sub>2</sub>) provinieron de las industrias de la energía (generación de energía eléctrica y consumo propio del sector energético), en tanto la industria emitió menos de la mitad (732 Gg CO<sub>2</sub>), el 10,4% del total. Las emisiones provenientes de las centrales eléctricas de generación de electricidad están fuertemente asociadas a las condiciones de hidraulicidad que existan en el país. En los últimos 10 años los máximos aportes correspondieron a los años secos de 2008 y 2012, con participaciones en ambos casos del 36%.

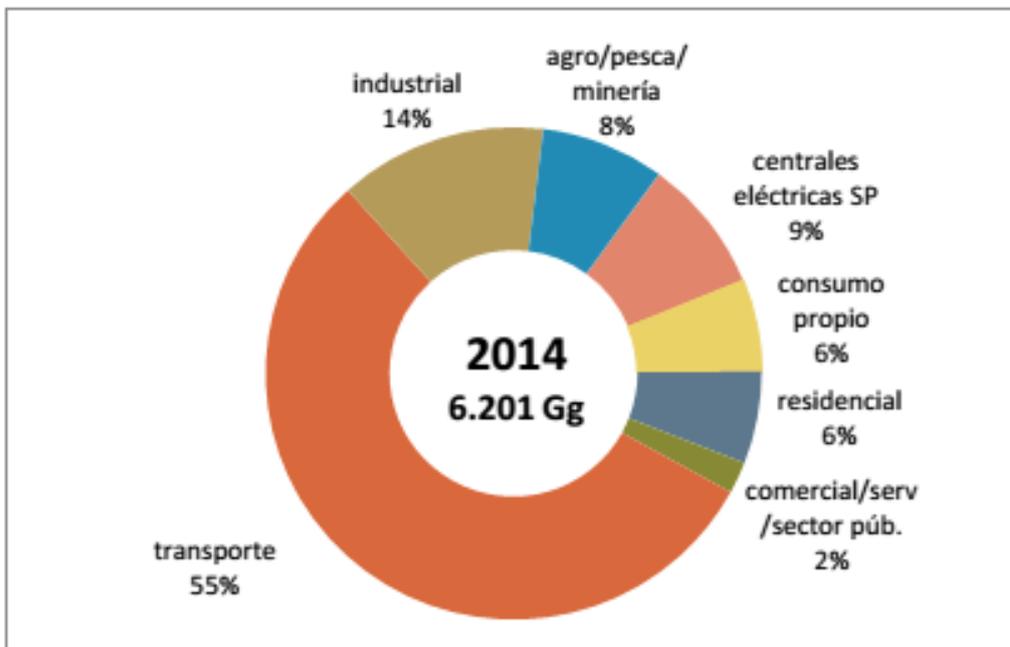
Por contraste, las emisiones del sector industrial han permanecido relativamente constantes a lo largo de la serie. Es importante destacar que el entre 1965 y 2007 el consumo del sector industrial se mantuvo entre 400 y 610ktep, mientras que en 2008 tuvo un fuerte crecimiento llegando casi a duplicar su consumo. Es así que el consumo aumentó de 611,8 ktep en 2007 a 1.019,6 ktep en 2008, creciendo un 67%, lo que provocó que a partir de este año el sector de mayor consumo pasara a ser el industrial, superando al transporte (MIEM, 2014). No obstante, dado que el suministro energético para cubrir esta demanda fue a partir de biomasa, las emisiones de CO<sub>2</sub> permanecieron en los mismos niveles.

**Figura 5-1: Evolución de las emisiones CO<sub>2</sub> - Industrias de la energía y sectores de consumo.**



**Notas:** “consumo propio” corresponde a la energía consumida por el sector energético para la producción, transformación, transporte y distribución de energía (no incluye la energía utilizada como insumo para la transformación a otro tipo de energía); “centrales eléctricas SP” refiere a las de servicio público conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN), sin incluir los consumos de energéticos para generación de electricidad de autoconsumo, los cuales se contabilizan en el sector industrial; las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de combustibles de la biomasa se incluyen como partidas informativas en el sector energía, aunque luego no se consideran en los totales ya que, según la metodología IPCC, esto se maneja en el sector Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura (CUTS) Fuente: (MIEM, 2015)

**Figura 5-2: Emisiones de CO<sub>2</sub> en 2014. Industrias de la energía y sectores de consumo.**



Fuente: (MIEM, 2015)

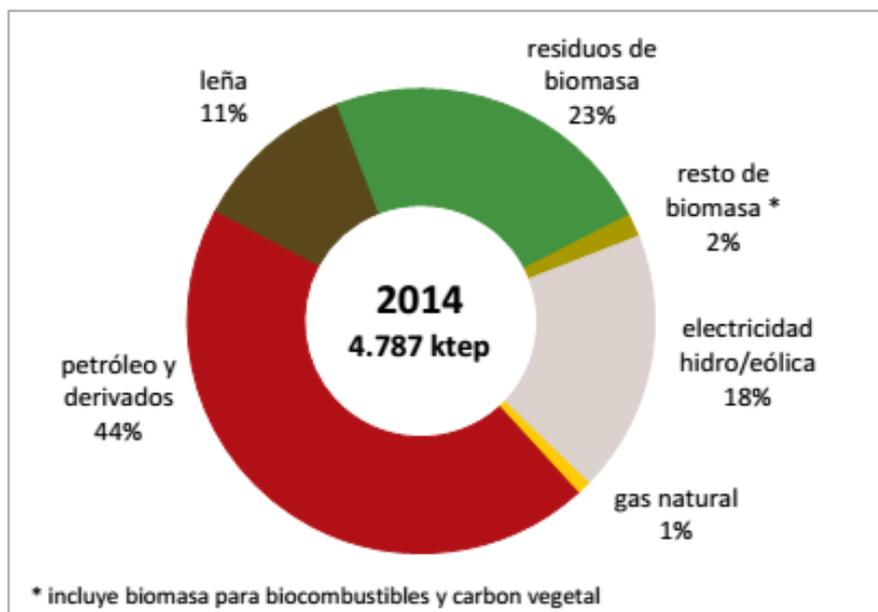
El hecho que las emisiones de las industrias de la energía represente en los últimos años más del doble de las emisiones de GEI que la industria fue otro de los elementos considerados en la decisión de priorizar la búsqueda de alternativas tecnológicas dentro de la generación con fuentes renovables, en lugar de hacerlo en las industrias intensivas en energía. Pero más allá de esta comparación, la medida de mitigación que en sí mismo es el uso de energías renovables tiene un alcance que excede el 26% correspondiente a las emisiones de GEI de las industrias de la energía, ya que la sustitución de la fuente energética puede alcanzar también otros sectores, como el transporte, el residencial y comercial, y la propia industria intensiva en energía. En esta línea de razonamiento, en la [Figura 5-3](#) puede verse que en el año 2013 del total de abastecimiento de energía del país, las energías renovables representaban el 49% (variable según la hidraulicidad del año), por lo que el restante 51% correspondiente a petróleo y derivados es el espacio potencial para crecimiento de las energías renovables.

## 5.2 Importancia del sector energético y de energías renovables en la economía nacional

Según el Estudio de Opciones de Crecimiento Bajas en Carbono realizado en el 2014 por el Banco Mundial para Uruguay (World Bank, 2014), el consumo per cápita de energía en Uruguay ([Figura 5-4](#)) es bajo en comparación con los países desarrollados, lo cual es probable que se deba, entre otros factores, aun sector industrial que no realiza un uso intensivo de energía<sup>7</sup>.

Aunque las emisiones de GEI del sector energía han representado históricamente una parte relativamente menor del total de emisiones de GEI en el país, se prevé que aumenten sustancialmente en el futuro si persiste la dependencia en los combustibles fósiles.

**Figura 5-3: Abastecimiento de energía por fuente.**



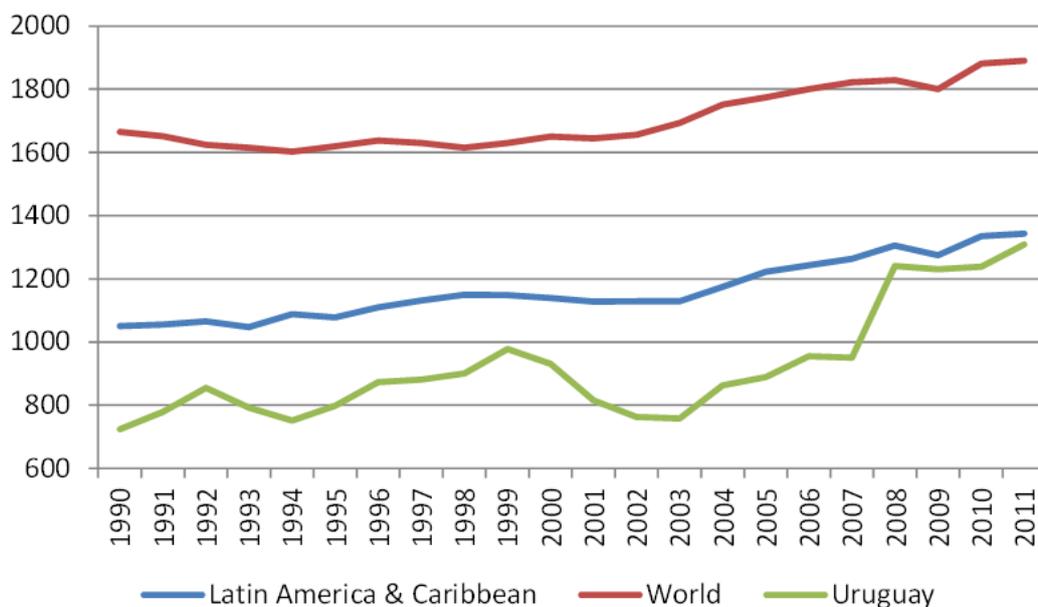
Fuente: (MIEM, 2015)

En el Anexo 5 se describe brevemente el estado de las energías renovables a nivel mundial.

<sup>7</sup> El sector industrial de Uruguay no se caracteriza por la industria pesada, lo que lo sitúa como un consumidor de energía muy poco intensivo para los estándares internacionales. Es menos intensivo de América Latina en su conjunto, y muy por debajo de la media mundial.

Algunas de las inversiones de emprendimientos productivos de gran porte que se realizaron en los últimos años, o que se proyectan como posibles para los próximos, plantean un incremento considerable en la demanda energética para la escala del país, y para lo cual es preciso prever una oferta acorde que evite una limitante para dichas inversiones. Es por ello que la apuesta que está haciendo el país hacia fuentes de energía renovables, o al menos más limpias y eficientes, es tan importante para reducir las emisiones de GEI futuras correspondientes a este sector.

**Figura 5-4: Consumo per cápita de energía (en kg de petróleo equivalente)**



Fuente: (World Bank, 2014)

El país es altamente dependiente de las importaciones de combustibles debido a su falta de yacimientos de hidrocarburos. Todo el consumo de combustibles fósiles de Uruguay es importado, ya sea en forma de crudo o sus derivados, que son procesados en una única refinería. El principal exportador de gas natural hacia Uruguay es Argentina, a la que está conectada por varios gasoductos. Sin embargo, debido a las restricciones aplicadas por la Argentina, la cantidad de gas natural importado por Uruguay ha ido disminuyendo en el tiempo.

En función de dicha dependencia, la política energética del país se ha centrado recientemente en apostar a la eficiencia energética y al desarrollo de las energías renovables no tradicionales, ya que su potencial hidrológico está casi completamente explotado. Con el mismo objetivo de mayor independencia energética, la estrategia anterior se ha complementado con la introducción de gas natural extra-regional, y la exploración de gas y petróleo en busca de yacimientos propios: 70% de la plataforma marítima está en proceso exploratorio, con inversiones acordadas para el período 2013-2015 de 1.960 MUSD (García, 2013).

Como puede verse en la [Figura 5-5](#) y la [Figura 5-6](#), la evolución temporal de la distribución del origen de la energía en Uruguay coincide con la correspondiente a por tipo de energía (No Renovable / Renovable)

Figura 5-5: Abastecimiento de energía por origen. Fuente: (MIEM, 2015)

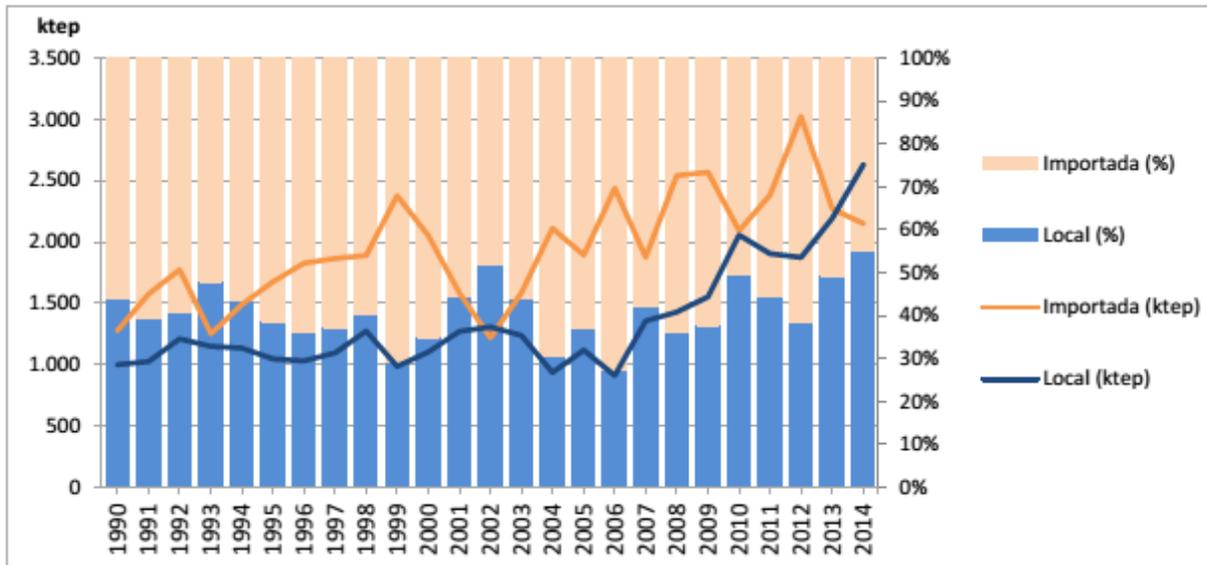
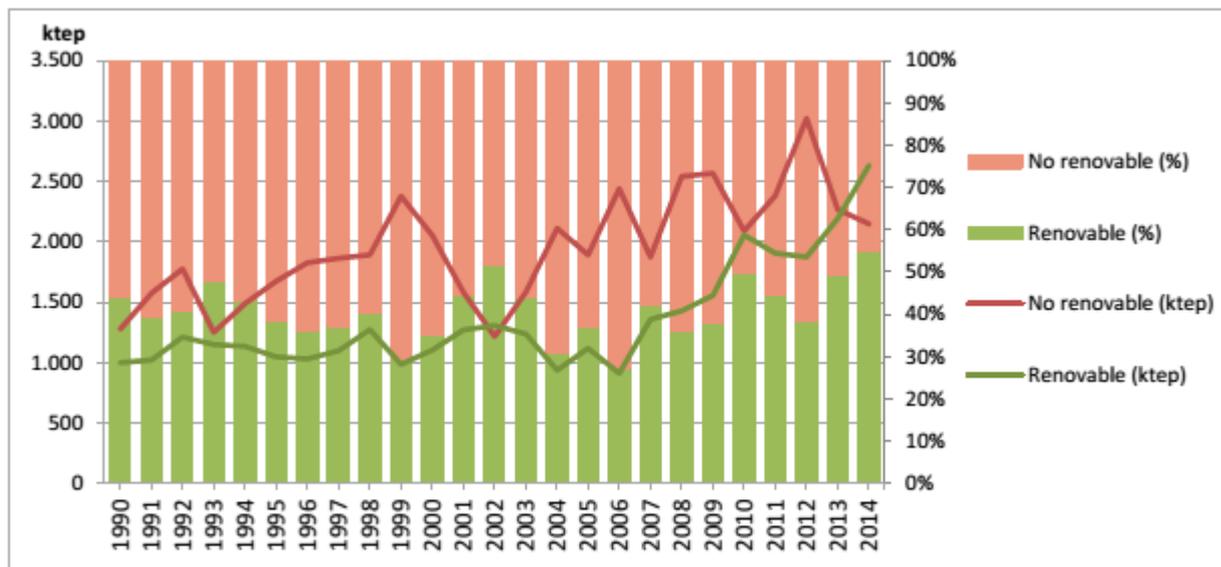


Figura 5-6: Abastecimiento de energía por tipo. Fuente: (MIEM, 2015)



Históricamente, las fuentes nacionales principales de energía consisten en la energía hidráulica y la leña, lo que representa el 30 a 35 por ciento de la matriz energética. En comparación con otros países, la leña es una fuente importante de energía primaria, lo que representa el 42 por ciento en el sector residencial y el 24 por ciento en el sector industrial. Debido a la gran variabilidad en las precipitaciones anuales, tradicionalmente en el país las fluctuaciones en la generación hidráulica se han equilibrado con las importaciones de combustible fósil, aunque la capacidad de respaldo en centrales térmicas fósiles es limitada (entre 1995 y 2006 no hubo inversión en nueva capacidad de generación en tales centrales térmicas).

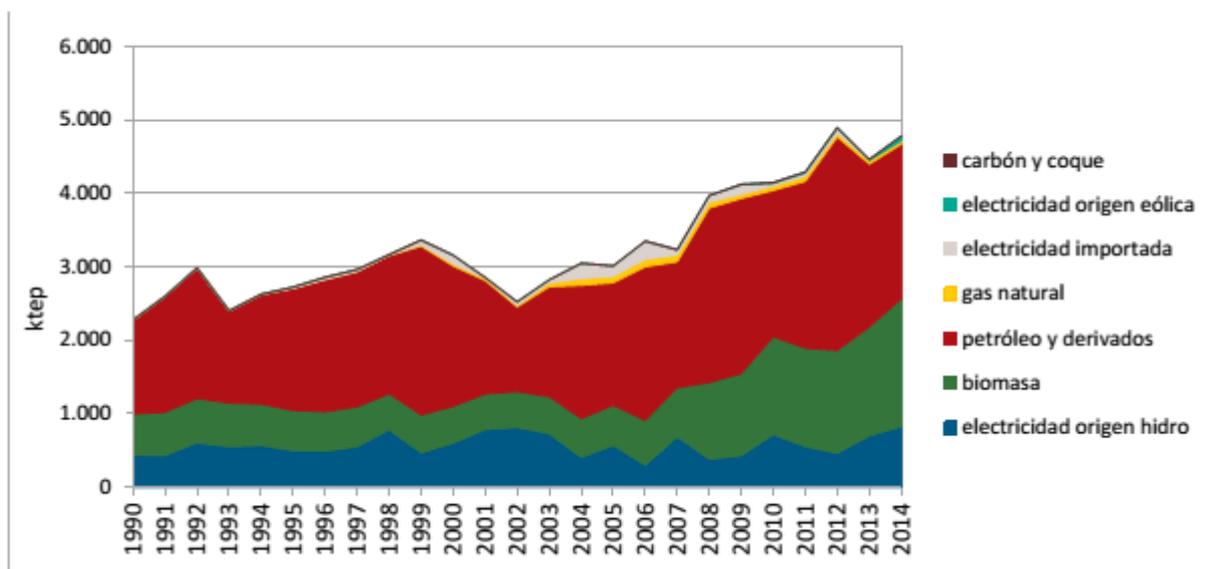
Debido a muchos factores, incluyendo la gran crisis económica del 2002, Uruguay aumentó su consumo de biomasa, principalmente para la generación de vapor y electricidad en la producción agroindustrial (MIEM, 2015). Es en este sector donde existen importantes proyectos de generación de autoconsumo con tecnologías

de generación estrechamente vinculados a sus procesos (fábricas de pulpa de papel, aserraderos, molinos arroceros, industria azucarera, etcétera.) con la posibilidad de la venta de excedentes a la red nacional.

Históricamente, la energía eólica fue utilizada para la elevación directa de agua para los animales y el uso humano o el riego, pero a partir del 2008 se comenzaron a instalar parques eólicos de mediano y gran porte en el país. Un proceso similar se está desarrollando a partir de 2013 con la energía solar fotovoltaica. En 2014 los datos preliminares indican que la producción de energía eólica fue de 732,5 GWh y la de solar 2,5 GWh, frente a los 12.061,4 GWh de hidro-energía.

En la [Figura 5-7](#) puede observarse la evolución del abastecimiento de energía por fuente.

**Figura 5-7: Evolución del abastecimiento de energía por fuente.** Fuente: (MIEM, 2015)



La diversificación de la matriz de generación energética que se describe más arriba fue fuertemente promovida por el Estado a partir de varias licitaciones públicas para el otorgamiento de contratos preferenciales de suministro hacia la red nacional (DNETN - MIEM, 2013). En los últimos 5 años se han concretado inversiones en el sector energético que superan los US\$ 7.000 millones, lo que ha significado que el país invierta por año más del 3% del PBI en infraestructura energética. Esto ha llevado a que la relación “Inversión en energía/ PIB” haya sido en 2012 cinco veces el promedio de América Latina (CEPAL, 2014). En el Anexo 5 se mencionan algunas de las inversiones energéticas más importantes realizadas por el país dentro de este contexto, y la estimación de su impacto en la futura reducción de costos.

### 5.3 Contexto de la decisión

Aprobada por el Poder Ejecutivo en el año 2008 y ratificada por la Comisión Multipartidaria de Energía del Parlamento en el año 2010, la Política Energética Uruguay 2030 (MIEM - DNE, 2008) establece los lineamientos principales en el ámbito de energía a nivel nacional con una mirada a largo plazo, integrando una visión multidimensional de las temáticas energéticas, incluyendo aspectos económicos, tecnológicos, ambientales, geopolíticos, éticos, sociales y culturales. Esta estrategia global está estructurada en cuatro grandes ejes estratégicos, metas de corto, mediano y largo plazo, y un conjunto de varias decenas de líneas de acción.

La diversificación de la matriz energética, y más específicamente la incorporación de energías renovables, ha estado en la agenda política de casi todos los países que pueden afrontar inversiones de este tipo. Esta tendencia intenta minimizar las emisiones de gases invernaderos junto a otros impactos medioambientales durante la producción de energía, compensar las fluctuaciones en la producción al depender de una sola fuente, y minimizar los impactos económicos producidos por las variaciones en los precios de los

hidrocarburos (UNCTAD, 2010). Uruguay no escapa a esta realidad, y en enero del 2014, la importación de molinos de viento para generación de energía eléctrica fue el segundo rubro de importación después del petróleo y gas (US\$ 95 millones) (Uruguay XXI, 2014).

Si bien el carbón y el petróleo se mantienen como una fuente fundamental de energía en el mundo, sus impactos ambientales son diversos e importantes, siendo la emisión de CO<sub>2</sub> uno de los principales factores. El gas natural, si bien más limpio comparativamente, presenta impactos comparables (Patin, 1999). Las reservas mundiales de estas fuentes permanecerán siendo significativas tal vez por décadas, y continúan expandiéndose por el desarrollo y aplicación generalizada de nuevas técnicas como la perforación direccional profunda y la estimulación de reservorios (fracking). De todos modos, debido a los impactos medioambientales, los hidrocarburos están siendo considerados como un puente para habilitar y financiar el desarrollo de fuentes renovables y sustentables de modo de minimizar su utilización en el largo plazo.

Por otro lado, es posible que la energía nuclear sea una solución clave en el futuro de la humanidad, tanto a través de la generación de energía en reactores de fisión eficientes y seguros, como en el minimizado de desechos radioactivos en futuros reactores tipo breeder o en el caso que los reactores de fusión adquieran diseños aplicables a escala industrial. Es claro que sin una gestión segura y ambientalmente aceptable de los residuos nucleares, esta fuente de energía no puede considerarse sostenible desde ningún punto de vista. De todas maneras, recientes accidentes como el de Fukushima en Japón en el 2011 han influenciado en la opinión pública, desacelerando los avances en cualquier tipo de energía nuclear en el mundo, especialmente en países no-OCDE (WEC, 2012).

La Política Energética 2005-2030 de Uruguay se ha transformado en una política de Estado que establece los lineamientos principales en el ámbito de energía a nivel nacional con una mirada a largo plazo (MIEM - DNE, 2008). Fue aprobada por el Poder Ejecutivo en 2008 y ratificada por una Comisión Multipartidaria de Energía del Parlamento en 2010.

La Política Energética estableció lineamientos estratégicos, metas a alcanzar en el corto (2015), mediano (2020) y largo plazo (2030) y líneas de acción para alcanzar las metas. La estrategia plantea diversos objetivos, entre los que se destacan alcanzar la soberanía energética, la disminución de costos, la activación de la industria nacional energética y la reducción de la dependencia del petróleo.

Dentro de los lineamientos estratégicos, el que más vinculado a la finalidad de este informe es el Eje de la Oferta de Energía, que establece como objetivo general la diversificación de la matriz energética, tanto de fuentes como de proveedores, procurando reducir costos, disminuir la dependencia del petróleo y buscando fomentar la participación de fuentes energéticas autóctonas, en particular las renovables. Este proceso propiciará la transferencia de tecnología y el desarrollo de capacidades nacionales y procurará minimizar el impacto medioambiental del sector. Como se puede apreciar, el estudio de ENT para Uruguay está totalmente en línea con las más altas resoluciones políticas en la materia. Los objetivos particulares más significativos para el proyecto se detallan en el Anexo 5.

Finalmente, para completar la descripción del ámbito político regulatorio se menciona la Ley 16.832 del Marco Regulatorio Eléctrico (Poder Legislativo ROU, 1997) que fue aprobada en setiembre de 1997 y ratificada por la ciudadanía en un referéndum en el año 1998. Las principales modificaciones que trajo aparejada esta ley se vinculan a la flexibilización del mercado eléctrico, como puede verse en el Anexo 5.

Todo el marco normativo relacionado al sector energía puede consultarse desde la página web de la Dirección Nacional de Energía (DNE, 2015)

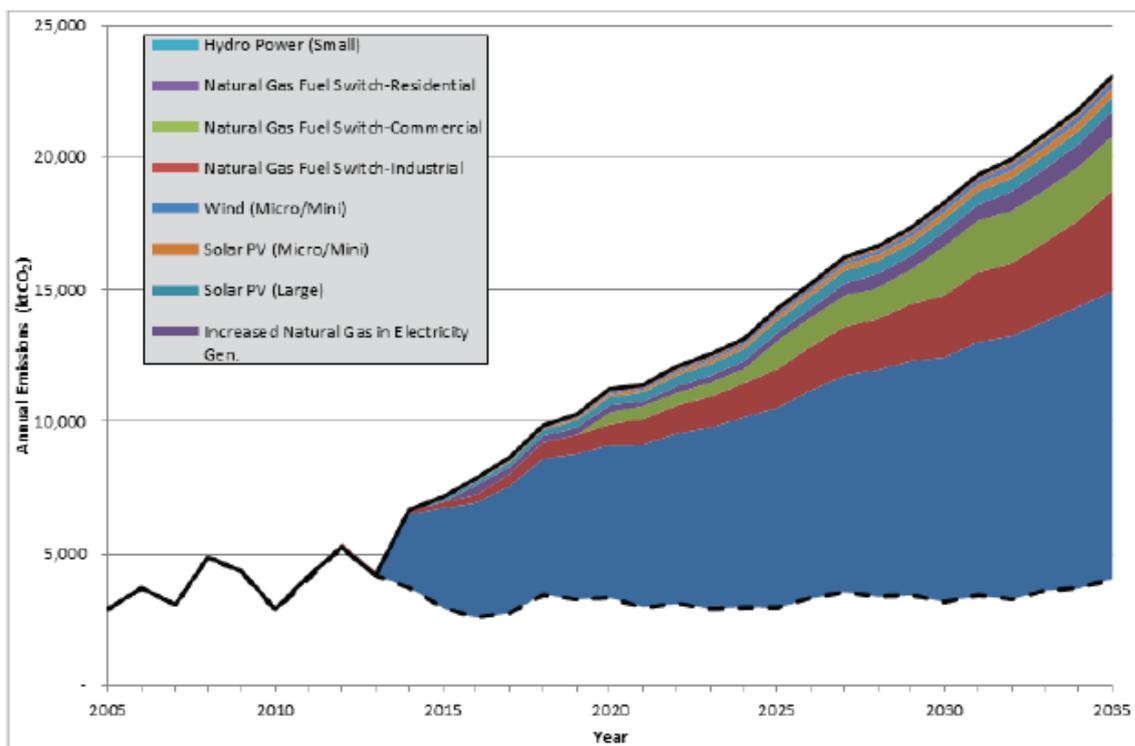
En el Anexo 5 se describe el estado de desarrollo de las energías renovables en Uruguay

#### **5.4 Resumen de posibles opciones de tecnologías de mitigación en el sector energético, sus potenciales de mitigación y otros posibles co-beneficios.**

En el ya mencionado estudio realizado por el Banco Mundial sobre posibilidades de desarrollo poco intensivos en carbono en el 2014 (World Bank, 2014), se plantea un escenario 2005-2035 donde a partir de la utilización de energías renovables y cambio por combustibles fósiles menos intensivos en emisión de GEI, durante todo el período reducciones de más de 23 ktCO<sub>2</sub>, en contra de un escenario de línea de base donde

ninguna de estas medidas se adoptara. En la [Figura 5-8](#) se ilustran estas cifras desglosando la contribución individual de cada una de estas medidas. Es posible que la acumulación de reducciones estimada en dicho estudio no considerara en forma completa la interdependencia de las medidas (por ejemplo, que dos escenarios no sean íntegramente compatibles), en cuyo caso podría haber una sobre-estimación de las reducciones.

**Figura 5-8: Reducción de emisiones de GEI por la implementación de diferentes medidas de reducción de emisiones, para un escenario 2005-2030.** Fuente: (World Bank, 2014)



En dicho estudio, entre las páginas 140 y 146 se describe en detalle cada uno de los supuestos y hasta estimaciones de costos para las diferentes opciones.

Sin embargo, como supuesto conservador, en este estudio no se incluyó algunos de los aportes en las reducciones que provendrían de las fuentes de energías renovables no afianzadas en el mercado, algunas de las cuales son piezas centrales dentro de a ENT para Uruguay. En el Anexo 5 se analiza en detalle la potencialidad de las fuentes renovables alternativas que están dentro del grupo que la DNE considera prioritario desarrollar en el marco del proyecto ENT para Uruguay, que son las energías undimotriz, geotérmica y solar térmica de concentración.

### 5.5 Criterio y proceso para priorización de tecnologías en el sector energías renovables

Al comienzo de este capítulo del sector energía e industria (sección 4.3) se resume el proceso y los criterios que se emplearon para llegar a definir al sub-sector de energías renovables como el prioritario dentro de dicho sector. Por otra parte, en la sección 3.3 se describe genéricamente el proceso de priorización de tecnologías, que en el caso del sector energía e industria empleó criterios específicos establecidos por la DNE, que para el primer nivel de discriminación de tecnologías (equivalentes a distintas energías renovables) también se detallan al comienzo de este capítulo (sección 4.3). Dichos criterios acotan los pasos subsiguientes del proyecto ENT en el sector energía a un grupo de tres energías renovables: undimotriz, geotérmica y solar térmica de concentración.

El criterio principal en este caso estaba alineado con el objetivo particular N°9 de la Política Energética 2030 en el Eje de la Oferta: “mantener un trabajo permanente de prospectiva tecnológica de manera que el país se encuentre preparado para incorporar nuevas formas de energía”. Esta elección también estaba basada en el criterio de apostar a dirigir los potenciales recursos que deriven del proyecto ENT a las áreas de energías renovables con mayores carencias, en lugar de destinarlos a energías renovables que ya tienen un grado de consolidación superior, sustentadas en programas de incentivos e inversión privada. Por último, otro factor que incidió es el horizonte de tiempo que se estima para la potencial ejecución de proyectos surgidos a partir de la ENT.

Los criterios que se aplicaron para el tercer nivel de priorización de tecnologías dentro del sector energía e industria, esto es, entre las tres energías renovables seleccionadas, fueron los siguientes:

- grado de evaluación del potencial energético en el país de cada energía renovable
- capacidad en recursos humanos y materiales para investigación
- planes e inversiones existentes específicas para cada energía renovable

La **Tabla 5-1** resume los criterios empleados en la priorización de las energías renovables.

**Tabla 5-1: Principales criterios considerados en las medidas de mitigación en el sector energía.**

Energías renovables	Principales criterios considerados en la evaluación de aplicación local de las medidas
Hidroeléctrica a gran escala	Energías renovables con muchos años de consolidación en el país y escaso margen de crecimiento, que se considera no requieren apoyo de un proyecto ENT.
Térmica de biomasa tradicional (leña)	
Eólica terrestre	Energías renovables con expansión más reciente en el país, que sin haber alcanzado todo su potencial de explotación, tienen un grado de madurez local que incluye fuerte participación del sector privado sustentado en incentivos estatales, y que la DNE considera no ameritan el apoyo de un proyecto ENT.
Solar térmica	
Solar fotovoltaica	
Térmica de biomasa no tradicional (incluye biodigestores y biocombustibles de primera generación)	Energías renovables con margen de crecimiento, en general con menor grado de madurez que el grupo anterior, pero para las cuales ya hay o hubo proyectos concretos con financiamiento externo (ProBio, BioValor, PCH). En la medida que procuran objetivos similares al proyecto ENT, la DNE considera que es más conveniente dirigir los recursos de este proyecto a otras energías renovables.
Microgeneración hidráulica	
Eólica off-shore	Energías renovables para los cuales prácticamente no hay experiencia en el país, y que serían candidatas a desarrollar un proyecto en el marco del ENT. No obstante, considerando los horizontes de tiempo de los proyectos que surjan de la ENT y los previstos para el desarrollo de estas energías por la DNE, ésta considera que es más conveniente priorizar el grupo de energías renovables constituido por geotérmica, solar térmica de concentración y undimotriz.
Biocombustibles de segunda generación	
Geotérmica	Energías renovables para los cuales prácticamente no hay experiencia en el país, pero a diferencia del grupo anterior, su desarrollo coincide con los tiempos del proyecto ENT. Su priorización está alineada con la Política Energética 2030: mantener una prospectiva tecnológica para estar preparados para incorporar nuevas formas de energía. Los criterios para priorizar entre estas tres energías, y que seleccionaron a la undimotriz (ver sección 4.3.6) fueron los siguientes:
Térmica solar concentrada	
Undimotriz	

## 5.6 Resultado de la priorización de tecnologías en el sector energía

Como resultado del proceso anterior, la energía undimotriz fue la seleccionada para continuar avanzando en el proceso de priorización de tecnologías. La selección se basó en las siguientes consideraciones:

- Hay una evaluación reciente del potencial undimotriz del país, que si bien podría refinarse mediante el empleo de mediciones directas adicionales en el mar para ajustar mejor la calibración del modelo (que requeriría inversiones en sensores), tiene la suficiente precisión para los fines requeridos. La energía solar térmica tiene también una evaluación de potencial equivalente, pero no es el caso de la energía geotérmica, donde justamente la evaluación del potencial es una de las barreras principales por los altos costos asociados.
- La capacidad en recursos humanos puede decirse que es equivalente para los tres casos: investigadores de alto grado de formación, equipos de trabajo con una cantidad limitada de personas, en algunos casos radicados en el exterior, pero que se podrían integrar a través de los programas de la ANII destinados a uruguayos en el exterior. El recientemente inaugurado Laboratorio de Energía Solar de la UdelaR proporciona un ámbito propicio para el desarrollo de la energía CSP, pero a diferencia del grupo de trabajo del IMFIA en undimotriz (que ya tiene una tesis y dos proyectos ANII en el tema), no se encontraron antecedentes de publicaciones o estudios específicos en CSP en Uruguay. El IMFIA también cuenta con instalaciones para trabajos a escala 1:30 y 1:10 en undimotriz, en tanto que se habría en el LES un equipamiento equivalente a escala para CSP.
- El IMFIA ya tiene proyectado el escalado de las experiencias con energía undimotriz, aunque no cuenta con los recursos para llevarlo a escala real, por lo que el proyecto ENT podría ser una vía para sustentarlo.
- La DNE está ejecutando una consultoría internacional para evaluación del potencial, viabilidad y necesidades para desarrollo de la CSP en Uruguay, de la cual por el momento sólo hay informes parciales. Se considera conveniente contar con los resultados finales de esta consultoría para decidir qué acciones tomar al respecto de esta energía renovable.
- Por último, para la evaluación del potencial geotérmico habría ya un convenio de cooperación entre la Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE) y la Facultad de Ciencias. A través de este acuerdo se buscaría aprovechar las actividades de exploración de hidrocarburos que se realizan en el norte del país para obtener la información necesaria en la evaluación del potencial geotérmico.

## 5.7 Desarrollo de las tecnologías propuestas

Según un informe elaborado por IRENA en el 2014 (IRENA, 2014) sobre energía undimotriz, existen diversas opciones tecnológicas para fabricar convertidores de energía que capturan la energía contenida en las olas del mar y que son utilizados para generar electricidad.

Existen 3 categorías principales:

- columnas de agua oscilante que utilizan bolsas de aire atrapadas en una columna de agua para accionar una turbina;
- convertidores cuerpo oscilante, que son dispositivos sumergidos utilizando el movimiento de las olas (tanto de arriba hacia abajo, flotantes o también movimientos de adelante hacia atrás, o de lado a lado) para generar electricidad; y
- convertidores de desbordamiento que generan un reservorio de agua que luego es utilizado para mover una turbina.

Adicionalmente cada categoría se puede subdividir de acuerdo a las tecnologías utilizadas para convertir la energía de las olas en energía neumática-mecánica (rotación-traslación), sus sistemas de generación (turbinas de aire, turbinas hidráulicas, motores hidráulicos), los tipos de estructuras (fijas, flotantes, sumergidas), y su posicionamiento dentro del mar (costa, cerca de la costa, lejos de la costa). Existen más de 100 proyectos piloto y de demostración en todo el mundo, pero sólo un puñado de tecnologías que están

cerca de la comercialización. El próximo paso en el camino a la comercialización es la demostración comercial en parques undimotrices en el rango de 10 megavatios (MW).

Las proyecciones de costos a nivel comercial para este tamaño de emprendimiento son limitadas debido a la mencionada poca experiencia en la materia, pero se estima que algunos proyectos podrían estar en el rango de 330 a 630 euros por megavatio-hora. Sin embargo, existe un margen considerable para las economías de escala y aprendizaje, por lo que en el año 2030 se estima que estos costos podrían bajar a 113-226 euros/MWh, si se consigue llegar a una cifra de generación de 2 GW. Además, se están explorando las sinergias con otras industrias en alta mar, como el petróleo, el gas y viento, para reducir los costos de instalación, operación, mantenimiento y amarre (que representan el 41% de los costos del proyecto).

En relación a las potenciales reducciones de emisiones de GEI que se alcanzarían con la energía undimotriz, no es posible hacer estimaciones en términos absolutos en esta instancia, ya que esto va a depender de la escala del proyecto definitivo. Para tener una estimación se considera que los planes de expansión de la energía eléctrica en Uruguay contemplan además de las energías renovables más tradicionales, la incorporación de centrales de ciclo combinado a gas natural de 180 MW con un factor de emisión de 0.337 tCO<sub>2</sub>eq/MWh, de acuerdo a los datos proporcionados por la DNE. En base a estas consideraciones, se estima que la incorporación de esta tecnología permitiría reducir 318,4 miles de tCO<sub>2</sub>eq anuales por sustitución de una central de ese tipo.

La mayoría de las investigaciones apuntan a mejoras de la eficiencia de transformación de la energía de las olas hacia energía eléctrica, en particular, las mejoras de eficiencia de las turbinas de aire (en la actualidad con rangos entre el 50-60% de eficiencia).

En una entrevista realizada en setiembre de 2015 con el equipo investigador en energía undimotriz del IMFIA (Facultad de Ingeniería, UdelaR) quedó claro que es difícil definir en el estado actual de desarrollo de la tecnología undimotriz cuál es la variante mejor para un eventual piloto en nuestro país. Esto se debe a que al ser una tecnología relativamente incipiente, se genera un número importante de variantes de dispositivos con sus correspondientes patentes, y no hay suficiente información objetiva acerca del desempeño en el mediano plazo de dichos dispositivos. Básicamente hay información comercial poco objetiva o publicaciones científicas muy teóricas. En todo caso, hasta ahora los dispositivos existentes en operación no están más lejos de 5 km de la costa, y hasta 50 metros de profundidad, lo que marca los límites actuales de la tecnología. En acuerdo con el informe de IRENA, estos investigadores explicaron que cualquier obra o instalación en mar adentro dispara exponencialmente los costos y por ello es necesaria la asociación con otras actividades (pesqueras, portuarias, petroleras, etc.) para viabilizar económicamente el tipo de emprendimiento elegido. Lo más probable es que los costos operativos y de mantenimiento para un piloto en Uruguay limiten el tipo de tecnología a dispositivos sobre la costa.

Según informaron, se realizó un análisis preliminar para instalaciones de captación de energía undimotriz en la escollera del Puerto de la Paloma (la única escollera puramente oceánica con que cuenta Uruguay), pero la orientación de la escollera en relación de la dirección del oleaje predominante no era el más adecuada para el tipo de dispositivo con que cuenta el IMFIA (del tipo “terminador”, que debe estar frontal a la ola), por lo que una instalación en esa escollera tendería a subestimar el potencial de un proyecto demostrativo que fuere instalado en ese lugar con dicha tecnología.

## CAPÍTULO 6 : SECTOR RESIDUOS

Los tres sub-sectores que tuvieron mayor puntaje en los talleres nacionales inter-institucionales para definir prioridades según la metodología multi-criterio propuesta por la Guía ENT (Haselip, Narkeviciute, & Rogat Castillo, 2015) fueron, en el caso del sector residuos los siguientes, en orden decreciente de prioridad: residuos urbanos, efluentes de actividades productivas (industria, agroindustria y agro) y efluentes domésticos (ver gráficos de barras en Anexo 2).

Para la definición de cuál sub-sector priorizar se mantuvieron reuniones posteriores con los co-coordinadores del sector residuos (representados por el Congreso de Intendentes y la División de Cambio Climático del MVOTMA), así como con otro actor clave a nivel nacional en el tema, como es la División Planificación Ambiental de la DINAMA (Mallo & Bajsa, División de Planificación Ambiental de DINAMA, 2015)–MVOTMA.

Como resultado del proceso que se detalla en el Anexo 6, se decidió la priorización del sector residuos sólidos urbanos (RSU), y enfocándose en mejorar las condiciones de las ciudades que hoy tienen sitios de disposición final en condiciones ambientales inadecuadas. Por otro lado, dada la experiencia exitosa de al menos 10 años en captación de biogás de relleno sanitario con generación de energía eléctrica, se considera que ya hay suficiente capacidad técnica local como para apoyar su extensión en Uruguay, y que un proyecto ENT debería explorar entonces la viabilidad de tecnologías establecidas a nivel internacional pero que no tienen desarrollo local, como la incineración con recuperación de energía (WTE), el tratamiento mecánico – biológico (MBT) y la digestión anaerobia en reactores biológicos (aplicada a RSU).

El análisis preliminar reveló que la realidad financiera de los gobiernos departamentales representa una barrera que imposibilita prácticamente cualquier solución tecnológica para la disposición adecuada y sostenible en el tiempo de sus RSU, incluyendo la ya establecida captación de biogás con quema en antorcha. Si bien la gestión de los RSU en dichas comunidades podría mejorarse con algunas medidas técnico - administrativas que no representan erogaciones importantes (OPP - Uruguay Integra, 2011), las deficiencias de infraestructura e incapacidad para cubrir los costos operativos imprescindibles no pueden obviarse.

En este contexto, y dada la recomendación de UDP de limitar a 2 o 3 sectores las propuestas en el informe TAP, hasta que no se procure una solución a nivel nacional para financiar la disposición final ambientalmente adecuada de los RSU de las ciudades del interior, no parece viable o al menos conveniente llevar adelante un proyecto ENT en este sub-sector de RSU. No obstante esta definición, el sub-sector RSU, mantiene su relevancia para el país por su impacto en las dimensiones ambiental, económica y social. La inclusión de dicho sector en la evaluación de tecnologías procura resaltar esta visión por parte de la Coordinación Nacional del Proyecto ENT, destacando la necesidad de alcanzar previamente un contexto tal que viabilice las soluciones tecnológicas. El desarrollo del análisis del sector residuos se presenta en el Anexo 6.

## CAPÍTULO 7 : RESUMEN Y CONCLUSIONES

**Sector Agricultura** - Los sistemas de optimización espacio temporal de pastoreo asociado al incremento de las masas forestales de sombra y abrigo, o inclusive incluidos dentro de sistemas silvopastoriles producirán un beneficio enorme en la reducción y secuestro de GEI. Por un lado se logrará una importante reducción en la intensidad de las emisiones por unidad de producto, en este caso, kilos de carne vacuna/kg de CO<sub>2</sub>eq emitido. Esto se debe a que el animal, está mejor alimentado en momentos estratégicos del ciclo ganadero, recibe un alimento menos metanogénico y que utiliza menos energía en procesos de colecta forrajera y metabolismo basal. Adicionalmente también se incrementan los procesos de secuestro de CO<sub>2</sub> atmosférico a través del aumento del carbono orgánico del suelo y la biomasa aérea y subterránea de las pasturas, así como también en el incremento de la biomasa forestal aérea y subterránea.

Desde el punto de vista socio-económico los beneficios son enormes. Más del 50% de la superficie de Uruguay está dedicada al pastoreo ganadero extensivo, por lo que cualquier adopción significativa de estos nuevos paquetes tecnológicos incrementarán el ingreso neto de los productores agropecuarios, en especial del sector criador y re criador, normalmente los más sumergidos económicamente. Además de la mejora real en el nivel de vida de cientos de miles de personas, esta mejora en la rentabilidad facilitará la radicación de la población rural, evitando la emigración de la misma a los cinturones de pobreza de las ciudades.

**Sector Transporte** - De acuerdo al INGEI 2010, la quema de combustibles en el sector transporte es responsable del 8,7% de las emisiones de GEI y de aproximadamente la mitad (48%) de las emisiones de CO<sub>2</sub> totales del país: 3.076 Gg CO<sub>2</sub>. El transporte terrestre carretero generó la mayor parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector (98,2%), en particular a partir del consumo de gasoil (61,4%) y de gasolina (36,8%). Entonces, las tecnologías propuestas que apuntan a la mejora en la eficiencia del uso de los combustibles fósiles por el parque automotriz nacional, tendrá efectos significativos en la reducción de emisiones de GEI del país.

Desde el punto de vista socio-económico se constatan importantes beneficios, como la mejora en la calidad ambiental atmosférica en las ciudades (por reducción de otros contaminantes atmosféricos distintos de los GEI), con mejora de la calidad de vida y disminución de los costos de salud en enfermedades respiratorias asociadas a la mala calidad del aire en las ciudades. También la disminución en la importación de combustibles fósiles, con mejora de la balanza comercial del país y ahorro en materia de combustible para los usuarios particulares.

**Sector Energía** - Según lo consignado en la CPND por Uruguay, el sector energía (incluyendo transporte) es el sector que más emite CO<sub>2</sub> (94%). Según el INGEI 2010 la generación de energía más los procesos industriales representan el 17,8% del total de emisiones GEI del Uruguay. Después del sector transporte, responsable del 48% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el sub-sector de las industrias de generación de energía ocupan el segundo lugar con el 19% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> del país en 2010. Entonces, cualquier incorporación de energías renovables en la matriz de generación nacional, producirá importantes reducciones de GEI a nivel nacional.

Existen estudios que demuestran la gran potencialidad de la energía undimotriz a nivel nacional. Este hecho fue incorporado en los planes estratégicos de mediano plazo del Gobierno nacional para utilizar nuevas fuentes renovables, cuando las actuales (eólica, hidroeléctricas, biomasa y solar fotovoltaica) lleguen a su máximo aprovechamiento a nivel comercial.

Desde el punto de vista socio-económico, se puede mencionar la generación de empleo y capacitación especializada en tecnologías prácticamente desconocidas en el país, con radicación de parte de la población de las zonas turísticas que actualmente debe emigrar por falta de empleo cuando termina cada temporada estival. Adicionalmente, puede producirte un mejoramiento de la imagen turística, ya que algunos balnearios cercanos al emprendimiento podrían abastecerse de energía en su totalidad de las fuentes undimotrices, pudiendo ser declarados carbono neutrales. A nivel nacional, al producirse un aumento de la matriz de generación eléctrica con fuentes renovables, y de esta forma reducción de la dependencia de la importación de energéticos de origen fósil, se produce el consecuente mejoramiento de la balanza comercial del país.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Abengoa. (2014). *Plantas solares - España*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Abengoa Solar - Energía solar para un mundo sostenible:  
[http://www.abengoasolar.com/web/es/plantas\\_solares/plantas\\_propias/espana/](http://www.abengoasolar.com/web/es/plantas_solares/plantas_propias/espana/)
- Aborgama. (2011). *Proyecto de generación de energía eléctrica a partir de biogás*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Aborgama: <http://www.aborgama.com/index.php?pag=generacion&hg=1250>
- Aguerre, T. (Mayo de 2013). *Discurso del Ministro de Agricultura Tabaré Aguerre*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Instituto Nacional de Vitivinicultura:  
[http://www.inavi.com.uy/uploads/archivos/file\\_833f04c733.pdf](http://www.inavi.com.uy/uploads/archivos/file_833f04c733.pdf)
- Alonso Hauser, R. (2012). *Evaluación del Potencial Undimotriz de Uruguay. Tesis de Maestría en Mecánica de Fluidos Aplicada. IMFIA - Facultad de Ingeniería - UdelaR. Tutor: Dr. Ing. Luis Teixeira. Co-Tutor: Dr. Ing. Sebastián Solari. Noviembre 2012*. Montevideo, Uruguay.
- ALUR. (2015). *ALUR - Alcoholes del Uruguay*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de <http://www.alur.com.uy/home.html>
- ALUR. (24 de abril de 2014). *Convenio ALUR - CUTCSA*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Alcoholes del Uruguay - Noticias Nacionales: <http://www.alur.com.uy/articulos/2014/p-24-4-14.html>
- An Camas Mòr. (4 de mayo de 2009). *Gehl Methodology*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de An Camas Mòr - A Proposed New Community in the Highlands of Scotland - Masterplan Report - Vision & Methodology:  
<http://www.ancamasmor.com/Downloads/Masterplan/Vision%20and%20Methodology/Gehl%20Methodology.pdf>
- ANCAP, U. . (2014). *Gas Sayago S.A*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de <http://www.gassayago.com.uy/>
- Ardanuy, M. .. (Diciembre 2014). *Relevamiento de tecnologías en los diferentes modos y fuentes a nivel internacional como alternativa al sector transporte en Uruguay. Análisis y perspectivas de tendencias de mercado a nivel internacional – Producto I. .*
- Arribas, X., Landoni, A., Negro, M., & Tutor: Infanzón, A. (1 de octubre de 2012). *Análisis del mercado del gas natural bajo la perspectiva de la instalación de una planta regasificadora. Posgrado de especialización en Marketing*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la UdelaR - Biblioteca: [www.ccee.edu.uy/bibliote/monografias/MPG258.pdf](http://www.ccee.edu.uy/bibliote/monografias/MPG258.pdf)
- ARU. (Abril de 2009). *Cuantificación de Pérdidas Ocasionadas por la Sequía 2008/2009*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Asociación Rural del Uruguay:  
<http://www.aru.com.uy/documentos/documentoprensa.pdf>
- Autodescuento S.L. (8 de Mayo de 2015). *Noticias Coches.com*. Recuperado el 12 de abril de 2016, de <http://noticias.coches.com/consejos/coche-hibrido-mantenimiento-coste/170584>

Bajsa, S. (2010). *Proyecto demostrativo de captación de biogás y generación de energía eléctrica - Relleno Sanitario de Las Rosas - Maldonado, Uruguay*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de <http://archivo.presidencia.gub.uy/metropolitana/cambioclimatico2010/ppt/Presentacion%20-%20Sebastian%20Bajsa.pdf>

Barrenechea, P., González, I., Croce, C., & Troncoso, C. (mayo de 2003). *Estudio de mercado: materiales reciclables de residuos sólidos urbanos*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de CEMPRE - Biblioteca: [http://www.cempre.org.uy/docs/biblioteca/030828\\_Informe\\_Final\\_de\\_Mercados\\_Barrenechea.pdf](http://www.cempre.org.uy/docs/biblioteca/030828_Informe_Final_de_Mercados_Barrenechea.pdf)

Becoña, G., & Wedderburn, L. (Julio de 2010). *Comparación del impacto ambiental en relación a gases de efecto invernadero en sistemas ganaderos de Uruguay y Nueva Zelanda*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de AgResearch - Plan Agropecuario: [http://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/13\\_comparacion\\_del\\_impacto\\_ambiental\\_en\\_relacion\\_a\\_gases\\_de\\_efecto\\_invernadero\\_en\\_sistemas.pdf](http://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/13_comparacion_del_impacto_ambiental_en_relacion_a_gases_de_efecto_invernadero_en_sistemas.pdf)

CEMPRE. (2015). *Compostaje - Situación en Uruguay*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de CEMPRE - Información - Fichas técnicas: [http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com\\_content&id=80&Itemid=98](http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com_content&id=80&Itemid=98)

CEMPRE. (2015). *Compromiso Empresarial para el Reciclaje*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de <http://www.cempre.org.uy/>

Centro Regional CCYTD. (2014). Taller Nacional organizado por el Centro Regional de Cambio Climático y Toma de Decisiones "Vulnerabilidad, adaptación y resiliencia del sector ganadero a los escenarios actuales y futuros de variabilidad climática" 6-7 noviembre de 2014. Maldonado, Uruguay.

CEPAL. (14 de octubre de 2014). *La inversión en infraestructura en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Comisión Económica para América Latina y El Caribe - Infografías: <http://www.cepal.org/es/infografias/la-inversion-en-infraestructura-en-america-latina-y-el-caribe>

Cernuschi, F. (2014). Energía geotérmica: potenciales aplicaciones para la diversificación de la matriz energética de Uruguay. *Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología N°19*, 1-14.

Chaer, M., & Vignolo, M. (2013). Evolución Prevista del Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> del Sistema de Generación de Energía Eléctrica de Uruguay - 2012 a 2020. *Proceedings of the 4th ELAEE, April 8-9*. Montevideo, Uruguay.

Clariget, J., Montossi, F., Ciganda, V., & La Manna, A. (2015). *Emisiones de CO<sub>2</sub> en la ganadería de Uruguay: evolución e impacto de estrategias tecnológicas de mitigación*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Revista INIA Uruguay: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4250/1/Revista-INIA-Uruguay-n.-40.-p.-57-60.-2015.pdf>

CMNUCC. (29 de setiembre de 2015). *Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de INDCs as communicated by Parties: <http://www4.unfccc.int/submissions/indc/Submission%20Pages/submissions.aspx>

CND. (marzo de 2015). *AFE - CND Llamado a expresar interés: tramo ferroviario Algorta - Fray Bentos*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Corporación Nacional para el Desarrollo - Ciudadanía - Llamados a oferta: <http://www.cnd.org.uy/index.php/ciudadania/llamados-a-ofertas/itemlist/category/216-afe-cnd>

DCC - MVOTMA, J. C. (2015). División de Cambio Climático - DINAMA.

DNE. (2015). *Áreas temáticas - Petróleo y Gas*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Dirección Nacional de Energía - Ministerio de Industria, Energía y Minería: <http://www.dne.gub.uy/web/energia/principal/filtros>

DNE. (julio de 2014). *Consultoría Internacional/Nacional: Hoja de ruta para el desarrollo de la energía termosolar (CSP) en Uruguay - Términos de Referencia*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Ministerio de Industria y Energía - Dirección Nacional de Energía - Programa Energía Solar - Información: [http://www.energiasolar.gub.uy/cms/images/documentos/Informacion/Consultoria\\_CSP/tdr%20-%20licitacion%20-%20consultora%20internacional-nacional%20csp%20en%20uruguay.pdf](http://www.energiasolar.gub.uy/cms/images/documentos/Informacion/Consultoria_CSP/tdr%20-%20licitacion%20-%20consultora%20internacional-nacional%20csp%20en%20uruguay.pdf)

DNE. (2015). *Fondo Sectorial de Energía*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Ministerio de Industria, Energía y Minería - Dirección Nacional de Energía: <http://www.dne.gub.uy/fondo-sectorial-de-energia>

DNE. (2014). *Iniciaron las obras del Banco de Ensayo de Eficiencia de Equipos solares Térmicos en Salto*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Ministerio de Industria, Energía y Minería - Energía: <http://www.dne.gub.uy/-/iniciaron-las-obras-del-banco-de-ensayo-de-eficiencia-de-equipos-solares-termicos-en-salto>

DNE. (2015). *Marco Normativo - Energía*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Ministerio de Industria, Energía y Minería - Dirección Nacional de Energía: <http://www.dne.gub.uy/marco-normativo/>

DNE. (Mayo de 2013). *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH)*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Ministerio de Industria, Energía y Minería - Energía - Publicaciones y estadísticas: <http://www.dne.gub.uy/-/pequenas-centrales-hidroelectricas-pch->

DNE/AECID/Ardanuy. (2014). *Relevamiento de Tecnologías en los diferentes modos y fuentes a nivel internacional como alternativa para el transporte en Uruguay. Análisis y perspectivas de tendencias en el mercado internacional. PRODUCTO I. Diciembre 2014*. Montevideo, Uruguay.

DNETN - MIEM. (2013). *Programa de Energía Eólica - Convocatorias*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de <http://www.energiaeolica.gub.uy/index.php?page=convocatorias>

D-Waste Team. (2013). *Waste Atlas - 2013 Report*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de D-Waste - Reports: <http://www.d-waste.com/reports/wasteatlas2013-detail.html>

EC. (2012). *Harnessing the power of the sea - The future of ocean energy*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de European Commission, DG Maritime Affairs and Fisheries: [http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/documentation/publications/documents/ocean-energy\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/documentation/publications/documents/ocean-energy_en.pdf)

El Observador. (8 de octubre de 2014). *ALUR busca aumentar mezcla con biocombustibles hasta 20%*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de El Observador - Montevideo, Uruguay - Economía y Empresas: <http://www.elobservador.com.uy/alur-busca-aumentar-mezcla-biocombustibles-20-n289156>

El Observador. (15 de setiembre de 2015). *Ómnibus chicos y mala educación: las razones de un viaje incómodo*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Diario El Observador de Uruguay - Información Nacional: <http://www.elobservador.com.uy/omnibus-chicos-y-mala-educacion-las-razones-un-viaje-incomodo-n677608>

El País. (14 de setiembre de 2015). *Estudio lo confirma: ómnibus de la capital no se adecuan a sus pasajeros*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Diario El País de Uruguay - Información: <http://www.elpais.com.uy/informacion/estudio-confirma-omnibus-chinos-montevideo.html>

El País. (30 de octubre de 2013). *La IMM controlará el tránsito con cámaras y semáforos inteligentes*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Diario El País de Uruguay - Información: <http://www.elpais.com.uy/informacion/imm-controlara-transito-camaras-semaforos-inteligentes.html>

El País. (29 de julio de 2013). *Movilidad Urbana - Olivera reconoció cuatro errores graves en el Corredor Garzón*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Diario El País de Uruguay - Información: <http://www.elpais.com.uy/informacion/olivera-cuatro-errores-graves-garzon.html>

Embajada del Japón en Uruguay. (15 de marzo de 2013). *Acto de inauguración de la planta solar fotovoltaica "Asahi" - El Gobierno de Japón financió el proyecto*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Embajada del Japón en Uruguay - Relaciones Bilaterales - Cooperación Internacional - Programa de Asistencia Financiera No Reembolsable para el Medio Ambiente y Cambio Climático: <http://www.uy.emb-japan.go.jp/espanol/Relaciones%20Bilaterales/Medioambienteycambioclimatico/acto%20inauguracion%20de%20planta%20solar%20fotovoltaica%20en%20Salto.html>

García, R. (23 de setiembre de 2013). *La Política Energética Uruguay 2030 - Presentación del Ec. Ruben García, Asesor Económico del Area Energías Renovables de la DNE*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Asociación Uruguaya de Contabilidad y Presupuesto (ASUCyP): [http://asucyp.org.uy/wp-content/uploads/2013/10/La-Pol%C3%ADtica-Energ%C3%A9tica\\_RUBEN-GARCIA.pdf](http://asucyp.org.uy/wp-content/uploads/2013/10/La-Pol%C3%ADtica-Energ%C3%A9tica_RUBEN-GARCIA.pdf)

Garg, A., Kimball, B., Uprety, D., Hongmin, D., Upadhyay, J., & Dhar, S. (2015). *Covering manure storage facilities*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de ClimateTechWiki: <http://www.climatechwiki.org/technology/manure-coverage>

Garg, A., Kimball, B., Uprety, D., Hongmin, D., Upadhyay, J., & Dhar, S. (2015). *Livestock management: genetically modified rumen bacteria*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de ClimateTechWiki: <http://www.climatechwiki.org/technology/genetically-modified-rumen-bacteria>

Genta, P. (6 de marzo de 2013). *Inversión en infraestructura ferroviaria es la más grande de los últimos 50 años*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Presidencia de la República Oriental del Uruguay - Comunicación - Noticias: <https://www.presidencia.gub.uy/Comunicacion/comunicacionNoticias/genta-obras-transporte-ferroviario>

Gerber, P. S. (2013). *Tackling Climate Change through Livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): <http://www.fao.org/3/i3437e.pdf>

GFEI. (2015). *Global Fuel Economy Initiative Handbook Draft v3*.

Haselip, J. A., Narkeviciute, R., & Rogat Castillo, J. E. (10 de setiembre de 2015). *Guía paso a paso para países que realizan Evaluación de las Necesidades Tecnológicas*. Recuperado el 9 de junio de 2016, de UNEP DTU Partnership: <http://www.tech-action.org/Publications/TNA-Guidebooks>

Hristov, A. O. (2013). *Mitigation of Greenhouse Gas Emissions in Livestock Production - A review of technical options for non-CO2*. (B. H. Pierre J. Gerber, Ed.) Recuperado el 24 de enero de 2016, de FAO Animal Production and Health Paper No. 177: <http://www.fao.org/3/a-i3288e.pdf>

IAC. (October de 2007). *Lighting the way: Toward a sustainable energy future*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de The InterAcademy Council: <http://www.interacademycouncil.net/File.aspx?id=24548>

IdC. (6 de octubre de 2014). *La Intendencia de Canelones y ALUR presentaron proyecto de reciclaje de residuos y firmaron importante convenio*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Gobierno de Canelones - Noticias: <https://www.imcanelones.gub.uy/?q=node/11305>

IdM. (20 de febrero de 2015). *Corredores - El Plan de Movilidad prevé en su escenario final la conformación de cinco corredores de transporte radiales y uno transversal, los que serán resueltos en régimen de carriles exclusivos para el STM y complementados por otras vías con carriles*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Intendencia de Montevideo - Tránsito y Transporte - Plan de Movilidad: <http://www.montevideo.gub.uy/transito-y-transporte/plan-de-movilidad/corredores>

IdM. (13 de setiembre de 2015). *Daniel Martínez y el Arquitecto Jan Gehl recorrieron el Centro y la Ciudad Vieja - A rodar y a rodar*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Intendencia de Montevideo - Montevideo Portal - Chasque: <http://www.montevideo.com.uy/auc.aspx?283985,3,1391>

IdM. (19 de noviembre de 2014). *Estudian nueva modalidad de transporte masivo en Montevideo - La ciudad de Montevideo recibirá apoyo de la República de Corea para estudiar nuevas modalidades de transporte colectivo en la ciudad*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Intendencia de Montevideo - Noticias: <http://www.montevideo.gub.uy/institucional/noticias/estudian-nueva-modalidad-de-transporte-masivo-en-montevideo>

IdM. (25 de junio de 2015). *IM presentó informe sobre Planta de Biogas*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Intendencia de Montevideo - Institucional - Noticias: <http://www.montevideo.gub.uy/institucional/noticias/im-presento-informe-sobre-planta-de-biogas>

IdM. (13 de enero de 2015). *Intendencia recibió pago del Banco Mundial por reducir contaminación ambiental*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Intendencia de Montevideo - Institucional - Noticias: <http://www.montevideo.gub.uy/institucional/noticias/intendencia-recibio-pago-del-banco-mundial-por-reducir-contaminacion-ambiental>

IdM. (25 de febrero de 2015). *Limpieza: Con vos lo estamos haciendo*. Recuperado el 24 de ene de 2016, de Intendencia de Montevideo - Servicios y sociedad - Limpieza: <http://www.montevideo.gub.uy/servicios-y-sociedad/limpieza/limpieza-con-vos-lo-estamos-haciendo>

IdM. (15 de abril de 2015). *Transporte Activo en 2030*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Intendencia de Montevideo - División Planificación Estratégica - Proyecto Montevideo 2030 : <http://mvd2030.montevideo.gub.uy/proyecto/proyecto-ciclovias-%E2%80%93-plan-de-movilidad-0>

IdM. (17 de agosto de 2015). *Una nueva manera de viajar: Intendente presentó taxis eléctricos*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Intendencia de Montevideo - Noticias:  
<http://www.montevideo.gub.uy/institucional/noticias/intendente-presento-taxis-electricos>

IEA. (abril de 2013). *Global EV Outlook: Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de International Energy Agency - Publications:  
[https://www.iea.org/publications/globalevoutlook\\_2013.pdf](https://www.iea.org/publications/globalevoutlook_2013.pdf)

IERE. (2009). *Carbon Footprint of USA Rubber Tire Recycling*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Institute for Environmental Research and Education - Institute of Scrap Recycling Industries, Inc.:  
<http://iere.org/>

INIA. (2015). *Sistemas de Producción - Sistema Forestal - Silvopastoril*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de INIA - Investigación e Innovación: <http://www.inia.uy/investigaci%C3%B3n-e-innovaci%C3%B3n/Sistemas-de-Producci%C3%B3n/Sistema-Forestal-Silvopastoril->

IPCC. (2007). *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (O. D. B. Metz, Ed.) Recuperado el 24 de enero de 2016, de Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change:  
[https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg3\\_report\\_mitigation\\_of\\_climate\\_change.htm](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg3_report_mitigation_of_climate_change.htm)

IRENA. (2014). *IRENA Technology Briefs*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de International Renewable Energy Agency - Publications - Reports and papers:  
<http://www.irena.org/menu/index.aspx?mnu=Subcat&PriMenuID=36&CatID=141&SubcatID=283>

IRENA. (June de 2014). *Wave Energy Technology Brief - IRENA Ocean Technology Brief 4*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de IRENA - International Renewables Energy Agency:  
[http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Wave-Energy\\_V4\\_web.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Wave-Energy_V4_web.pdf)

ISWA. (3 de diciembre de 2009). *Waste and Climate Change - ISWA White Paper*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de International Solid Waste Association - Publications - Knowledge Base:  
[http://www.iswa.org/fileadmin/user\\_upload/\\_temp\\_/Small\\_GHG\\_white\\_paper\\_01.pdf](http://www.iswa.org/fileadmin/user_upload/_temp_/Small_GHG_white_paper_01.pdf)

JI Network. (2015). *Anaerobic biological treatment (Anaerobic digestion)*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de ClimateTechWiki: <http://www.climatetechwiki.org/technology/jiqweb-anbt>

Kojima, K., & Ryan, L. (setiembre de 2010). *Transport Energy Efficiency: Implementation of IEA Recommendations since 2009 and next steps. Information Paper - Energy Efficiency Series*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de International Energy Agency - Publications - Free Publications:  
[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport\\_energy\\_efficiency.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport_energy_efficiency.pdf)

Lamers, F., Fleck, E., Pelloni, L., & Kamuk, B. (enero de 2013). *ISWA White Paper - Alternative Waste Conversion Technologies*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de International Solid Waste Association - Knowledge Base:  
[http://www.iswa.org/index.php?eID=tx\\_iswaknowledgebase\\_download&documentUid=3155](http://www.iswa.org/index.php?eID=tx_iswaknowledgebase_download&documentUid=3155)

Lubimova, E. (1968). Thermal history of the Earth. *American Geophysical Union*, 13, 63-77.

Luzardo, S., Montossi, F., & Brito, G. (Junio de 2010). *La necesidad de suplementación invernal sobre campo natural en la recría bovina*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Revista INIA - Producción Animal - pág. 11-15: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14432220710124329.pdf>

Mallo, M., & Bajsa, S. (4 de setiembre de 2015). División de Planificación Ambiental de DINAMA. (C. Saizar, Entrevistador)

Mattos, C. (Diciembre de 2011). *Proyecto "Desarrollo local resiliente al cambio climático y de bajas emisiones de carbono en los departamentos de Canelones, Montevideo y San José" - Estudio de prefactibilidad económico-financiera de alternativas de mitigación - Informe Final*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de CAF - Banco de Desarrollo de América Latina: <http://www.caf.com/media/1709523/9%20Estudio%20Mitigacion.pdf>

Mesa Solar. (2015). *Mesa Solar*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de <http://mesasolar.org.uy>

MGAP. (2011). *Censo General Agropecuario 2011 - Resultados definitivos*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de DIEA - MGAP: <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-censo-2011,O,es,0>,

MGAP. (17 de enero de 2012). *Proyecto "Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático" (DACC) – Préstamo Banco Mundial 8099-UY*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,MGAP,MGAPAmpliacion,O,es,0,PAG;CONC;599;3;D;proyecto-desarrollo-y-adaptacion-al-cambio-climatico-dacc--prestamo-banco-mundial-8099-uy;0;PAG;>

MGAP, W. O.-D. (2015).

MGAP-MIEM-MVOTMA. (2013). *ProBio - Producción de electricidad a partir de biomasa*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de <http://www.probio.dne.gub.uy/cms/>

MIEM - DNE. (Agosto de 2008). *Política Energética 2005-2030*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Ministerio de Industria y Energía - Energía: <http://www.dne.gub.uy/documents/49872/0/Pol%C3%ADtica%20energ%C3%A9tica%202005-2030?version=1.0&t=1378917147456>

MIEM - MEF. (3 de agosto de 2009). *Decreto 354 de 2009*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Portal de Presidencia - Marco Normativo - Decretos: [http://archivo.presidencia.gub.uy/\\_web/decretos/2009/08/245%20.pdf](http://archivo.presidencia.gub.uy/_web/decretos/2009/08/245%20.pdf)

MIEM. (2015). *Balance Energético Nacional 2014 - Informe General*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Dirección Nacional de Energía - Publicaciones y Estadísticas: <http://www.dne.gub.uy/documents/15386/6815916/1.1%20INFORME%20GENERAL%20BEN2014.pdf>

MIEM. (2015). *Balance Energético Nacional 2014*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Dirección Nacional de Energía - Ministerio de Industria, Energía y Minería: <http://www.dne.gub.uy/-/balance-energetico-nacional-2014>

MIEM. (agosto de 2015). *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015 - 2024*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Ministerio de Industria, Energía y Minería - Eficiencia Energética: [http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/archivo/documents/Plan\\_Nacional\\_de\\_Eficiencia\\_Energetica.pdf](http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/archivo/documents/Plan_Nacional_de_Eficiencia_Energetica.pdf)

MIEM. (3 de agosto de 2015). *Se aprobó Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015 - 2024*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Ministerio de Industria, Energía y Minería - Eficiencia Energética: <http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/index.php/menu-archivo/mnu-noticias/item/456-se-aprobo-plan-nacional-de-eficiencia-energetica-2015-2024>

MIEM. (2015). *Sector energético en Uruguay*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de MIEM - Energía - Invierta en energía en Uruguay: [http://www.dne.gub.uy/invierta-en-energia-en-uruguay/-/asset\\_publisher/G1IQ59b7RjDv/content/sector-energetico-en-uruguay](http://www.dne.gub.uy/invierta-en-energia-en-uruguay/-/asset_publisher/G1IQ59b7RjDv/content/sector-energetico-en-uruguay)

MIEM-MVOTMA-MGAP. (2014). *Proyecto BioValor - Generando valor con residuos de agro-industrias*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de <http://www.biovalor.gub.uy/>

Ministerio\_de\_Energía\_de\_Chile. (19 de junio de 2012). *Decreto N° 61 - Aprueba reglamento de etiquetado de consumo energético para vehículos motorizados livianos que indica*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - Ley Chile: <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1042535>

Ministerio\_de\_Energía\_de\_Chile. (2012). *Etiqueta de consumo energético para vehículos livianos*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Ministerio de Energía de Chile - Gobierno de Chile: <http://www.consumovehicular.cl/>

MTOP. (Junio-Diciembre de 2011). *Uruguay 2030 - Documento final - Diálogo Político Social por Uruguay 2030*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Observatorio Nacional de Infraestructura, Transporte y Logística - Ministerio de Transporte y Obras Públicas: [http://observatorio.mtop.gub.uy/docs/Uruguay\\_2030\\_Documento\\_final.pdf](http://observatorio.mtop.gub.uy/docs/Uruguay_2030_Documento_final.pdf)

MVOTMA - SNRCC. (7 de diciembre de 2015). *Uruguay. Primer informe bienal de actualización de Uruguay a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/urubur1.pdf>

MVOTMA. (Febrero de 2004). *Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Uruguay*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Presidencia de la República Oriental del Uruguay: [http://archivo.presidencia.gub.uy/\\_web/cambio\\_climatico/pmegema.pdf](http://archivo.presidencia.gub.uy/_web/cambio_climatico/pmegema.pdf)

MVOTMA. (20 de diciembre de 2014). *Proyecto FREPLATA II: Reducción y prevención de la contaminación de origen terrestre en el Río de la Plata y su Frente Marítimo mediante la implementación del Programa de Acción Estratégica de FREPLATA*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Programa EcoPlata: <http://www.ecoplata.org/estado-de-situacion-de-la-costa/programa-reduccion-de-la-contaminacion-terrestre/piloto-para-mejora-del-desempeno-y-adequacion-ambiental-en-sector-curtiembre-2/objetivos-del-piloto-para-mejora-del-desempeno-y-adequacion-ambiental-e>

NextFuel. (13 de setiembre de 2014). *Bio Vehículos en Uruguay*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de NextFuel - Portal de Información y Noticias sobre Biodiesel y Energías Renovables: <http://biodiesel.com.ar/8741/bio-vehiculos-en-uruguay#more-8741>

- NYC DOT. (2015). *Bicyclist - Network and Statistics*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de New York City - Department of Transit: <http://www.nyc.gov/html/dot/html/bicyclists/bikestats.shtml>
- OEE. (2015). *Ocean Energy Forum*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Ocean Energy Europe: <http://www.oceanenergy-europe.eu/index.php/policies/ocean-energy-forum>
- Onoda, T. (agosto de 2008). *Review of International Policies for Vehicle Fuel Efficiency - Informatio Paper - In Support of the G8 Plan of Action*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de International Energy Agency - Publications - Free Publications: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/vehicle\\_fuel.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/vehicle_fuel.pdf)
- ONU. (9 de mayo de 1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- OPP - Uruguay Integra. (2011). *Información de Base para el Diseño de un Plan Estratégico de Residuos Sólidos. Informe Final - Tomo I - Línea de Base*.
- OPP. (12 de agosto de 2015). *FOCEM- Inversión ferroviaria para el período 2015-2019*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Presidencia - Oficina de Planeamiento y Presupuesto: <http://saas.microsoft.com.uy/opp/index.php/decimos/noticias/item/317-focem-inversion-ferroviaria-para-el-periodo-2015-2019>
- OPP. (noviembre de 2005). *Programa de Saneamiento de Montevideo y Área Metropolitana - Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Cámara de Industrias del Uruguay - Gestión Ambiental: [http://www.ciu.com.uy/innovaportal/v/36639/10/innova.front/plan\\_director\\_de\\_residuos\\_solidos\\_de\\_montevideo\\_y\\_area\\_metropolitana.html](http://www.ciu.com.uy/innovaportal/v/36639/10/innova.front/plan_director_de_residuos_solidos_de_montevideo_y_area_metropolitana.html)
- OSE. (2015). *Tratamiento de Efluentes - En los servicios de saneamiento generados por OSE en el interior del país*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de OSE - Saneamiento: [http://www.ose.com.uy/s\\_tratamiento\\_efluentes.html](http://www.ose.com.uy/s_tratamiento_efluentes.html)
- Oyhancabal, W. (18 de noviembre de 2015).
- Passeggi, M., & Borzacconi, L. (2012). *Gestión final de Residuos Sólidos Urbanos: Balances de Masa y Energía de las principales alternativas tecnológicas aplicables al Área Metropolitana de Montevideo. Trabajo presentado en el V Encuentro Regional y XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Química. 12-14 noviembre 2012*. Montevideo, Uruguay.
- Patin, S. (1999). *Environmental Impact of the Offshore Oil and Gas Industry*. (T. f. Cascio, Trad.) NY, East Northport: EcoMonitor Publishing.
- Pehlken, A., & Essadiqi, E. (agosto de 2005). *Scrap Tire Recycling in Canada*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Natural Resources Canada - CANMET Materials Technology Laboratory: <https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/mineralsmetals/pdf/mms-smm/busi-indu/rad-rad/pdf/scr-tir-rec-peh-eng.pdf>

Plan Agropecuario. (marzo de 2015). *Revista del Plan Agropecuario N°153 - pág. 44*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de

[http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/Revista\\_on\\_line/Revista\\_153/index.html#2](http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/Revista_on_line/Revista_153/index.html#2)

PNUD. (noviembre de 2012). *Plan Climático de la Región Metropolitana de Uruguay*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Presidencia de la República Oriental del Uruguay:

[http://archivo.presidencia.gub.uy/metropolitana/docs/plan\\_climatico.pdf](http://archivo.presidencia.gub.uy/metropolitana/docs/plan_climatico.pdf)

PNUMA. (2015). *Hacia una economía verde en Uruguay: condiciones favorables y oportunidades*.

*Condiciones favorables y oportunidades*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente:

[http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/advisory\\_services/countries/GEinUruguayreport\\_web.pdf](http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/advisory_services/countries/GEinUruguayreport_web.pdf)

Poder Legislativo ROU. (27 de junio de 1997). *Ley N° 16.832 Actualización del sistema eléctrico nacional y creación de la unidad reguladora de la energía eléctrica - UREE*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Poder Legislativo de la República Oriental del Uruguay:

<http://www.parlamento.gub.uy/leyes/AccesoTextoLey.asp?Ley=16832&Anchor=>

Poder Legislativo ROU. (20 de enero de 1998). *Ley N° 16.906 - Ley de Promoción y Protección de Inversiones*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Parlamento de Uruguay - Leyes - Consultas Generales:

<http://www.parlamento.gub.uy/leyes/AccesoTextoLey.asp?Ley=16906&Anchor=>

Poder Legislativo ROU. (28 de noviembre de 2007). *Ley N° 18.195 de Agrocombustibles*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Poder Legislativo - República Oriental del Uruguay:

<http://www.parlamento.gub.uy/leyes/AccesoTextoLey.asp?Ley=18195&Anchor=>

Poder Legislativo ROU. (16 de octubre de 2009). *Ley N° 18.597 de Uso Eficiente de la Energía en el Territorio Nacional*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Poder Legislativo - República Oriental del Uruguay:

<http://www.parlamento.gub.uy/leyes/AccesoTextoLey.asp?Ley=18597&Anchor=>

Presidencia. (15 de noviembre de 2014). *Primeras pruebas de interconexión eléctrica con Brasil se realizarán en febrero*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Portal de Presidencia - Comunicación - Noticias: <http://presidencia.gub.uy/comunicacion/comunicacionnoticias/interconexion-electrica>

Presidencia ROU. (13 de marzo de 2015). *En Salto, Paysandú, Río Negro y Colonia OSE invertirá más de 56 millones de dólares en plantas de tratamiento de líquido residual*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Presidencia - Comunicación - Noticias: <http://presidencia.gub.uy/comunicacion/comunicacionnoticias/ose-plantas-tratamiento-litoral>

Presidencia ROU. (27 de julio de 2015). *Vázquez anunció inversión récord de 12.000 millones de dólares en infraestructura*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Portal de Presidencia ROU - Comunicación - Noticias: <https://www.presidencia.gub.uy/comunicacion/comunicacionnoticias/vazquez-anuncio-inversion-record-quinquenio>

Presidencia. (4 de octubre de 2011). *Trazabilidad: 100% del ganado vacuno uruguayo está registrado e identificado*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Gabinete Productivo - Carnes.

Presidencia. (3 de diciembre de 2015). *UTE considera que central de Punta del Tigre comenzará a generar electricidad en 2016*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Portal de Presidencia - Comunicación - Noticias: <https://www.presidencia.gub.uy/comunicacion/comunicacionnoticias/ute-central-puntas-tigre>

ProBio. (2015). *Generación - Plantas en operación*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de ProBio - Producción de electricidad a partir de biomasa: <http://www.probio.dne.gub.uy/cms/index.php/generacion/plantas-de-operacion>

Redacción 180. (25 de setiembre de 2014). *Vázquez: "En el tren de carga no se avanzó"*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Portal 180: [http://www.180.com.uy/articulo/51113\\_Vazquez-En-el-tren-de-carga-no-se-avanzo](http://www.180.com.uy/articulo/51113_Vazquez-En-el-tren-de-carga-no-se-avanzo)

REN21. (2015). *Renewables 2015 - Global Status Report*. Recuperado el 24 de enero de 2015, de Renewable Energy Policy Network for the 21st Century - Status of Renewables: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015\\_Onlinebook\\_low1.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf)

Rogat, J. (2010). *Planning and Implementation of Campaigns to Promote Bicycle Use in Latin America – guide for decision-makers*, . UNEP- UNEP Risoe Centre - GEF.

Sander, M. (2015). Geothermal Energy Development in Latin America and the Caribbean and the Role of International Development Partners. *Proceedings World Geothermal Congress 2015 - Melbourne, Australia, 19-25 April 2015*, 1-11.

Scarone, M. (8 de octubre de 2015). División Energías Renovables - Dirección Nacional de Energía.

Schlömer S., T. B. (2014). *Annex III: Technology-specific cost and performance parameters*. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (O. R.-M. Edenhofer, Ed.) Recuperado el 24 de enero de 2016, de Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_annex-iii.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf)

SE4All. (2015). *Sustainable Energy for All - Our Objectives*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de A Unique Partnership of United Nations and The World Bank: <http://www.se4all.org/our-vision/our-objectives/>

SNRCC. (24 de febrero de 2010). *Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático - Diagnóstico y lineamientos estratégicos*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático: <http://www.cambioclimatico.gub.uy/index.php/plan-nacional/diagnostico-y-lineamientos-estrategicos.html>

SNRCC. (2016). *Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de <http://www.cambioclimatico.gub.uy/>

Stacey, F., & Loper, D. (1988). Thermal history of the Earth: a corollary concerning non-linear mantle rheology. *Phys. Earth Planet Int.*, 53, 167-74.

Striastava, K., & Singh, R. (1998). A model for temperature variations in sedimentary basins due to random radiogenic heat sources. *International Geophysical Journal*, 135.

SUCIVE. (31 de diciembre de 2015). *Detalles del Parque Automotor*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares - Información general: <file:///C:/Users/latu/Downloads/DetalleParqueAutomotor.pdf>

SWEEP-Net. (2015). *Cost Assessment of Environmental Degradation due to the Solid Waste Management Practices – Model Guidebook*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de D-Waste: <http://d-waste.com/component/k2/itemlist/user/81-mariosskarvelakis.html>

Tettamanti, G. (setiembre de 2013). *Propuesta para el ferrocarril del Uruguay 2015-2030*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Infraestructura Uruguay 2030: <http://www.infraestructurauruguay2030.org/ferro2.pdf>

Themelis, N., & Barriga Díaz, M. (2012). *Estudio de pre-factibilidad técnica y económica para la instalación de capacidad de generación de energía a partir de residuos (WTE) en Uruguay*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de MVOTMA - Residuos Sólidos Urbanos - Generación de energía a partir de residuos: <http://www.mvotma.gub.uy/residuos-solidos-urbanos/item/10002640-generaci%C3%B3n-de-energ%C3%ADa-a-partir-de-residuos.html>

Timilsina, G., & Dulal, H. (2009). *Regulatory instruments to control environmental externalities from the transport sector*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de The Institute for Transport Studies Within the European Economic Integration (ISTIEE) - European Transport \ Trasporti Europei n. 41 (2009): 80-112: [http://www.istiee.org/te/papers/N41/41\\_5\\_abs\\_TimilsinaDulal.pdf](http://www.istiee.org/te/papers/N41/41_5_abs_TimilsinaDulal.pdf)

Torres, A. (18 de noviembre de 2015). Unidad de Medio Ambiente - MIEM.

Toyota España. (12 de abril de 2016). *Inicio - Gama Toyota - Prius*. Recuperado el 12 de abril de 2016, de <http://www.toyota.es/coches/prius/index.json>

U.S. EPA. (diciembre de 2006). *EPA Regulatory Announcement - EPA Issues New Test Methods for Fuel Economy Window Stickers*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de U.S. Environmental Protection Agency - Office of Transportation and Air Quality - Fuel Economy and Environmental Labels: <http://www3.epa.gov/carlabel/documents/420f06069.pdf>

U.S. EPA. (2011). *Fuel Economy and Environment Labels - Basic Information*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Transportation & Air Quality - On-road Vehicles and Engines - Cars and Light Trucks: <http://www3.epa.gov/carlabel/basicinformation.htm>

UdelaR. (28 de diciembre de 2015). *Laboratorio de Energía Solar (LES)*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Universidad de la República del Uruguay - Centro Universitario Región Litoral Norte - Sede Salto: <http://www.unorte.edu.uy/les>

UdelaR, F. d. (2010). *Mapa Solar del Uruguay*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Instituto de Física - Facultad de Ingeniería - UdelaR: <http://www.fing.edu.uy/if/solar/index.html>

UDP. (2012). *Publications - TNA Guidebook Series*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de UNEP DTU Partnership: <http://www.unepdtu.org/PUBLICATIONS/TNA-Guidebook-Series>

UDP. (March de 2011). *Technologies for Climate Change Mitigation - Transport Sector*. (R. Salter, S. Dhar, & P. Newman, Edits.) Recuperado el 24 de enero de 2016, de TNA Guidebook Series: [http://www.unep.org/transport/lowcarbon/Pdf's/TNA\\_TransportChapter.pdf](http://www.unep.org/transport/lowcarbon/Pdf's/TNA_TransportChapter.pdf)

UDP. (2016). *UNEP DTU Partnership*. Recuperado el 24 de enero de 2016

UE. (13 de diciembre de 1999). *DIRECTIVA 1999/94/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 13 de diciembre de 1999 relativa a la información sobre el consumo de combustible y sobre las emisiones de CO2 facilitada al consumidor al comercializar turismos nuevos*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Eur-Lex - El acceso al Derecho de la Unión Europea - Diario Oficial: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:012:0016:0023:ES:PDF>

UE. (23 de abril de 2009). *Regulation (EC) No 443/2009 of the European Parliament - Reduction in CO2 emissions of new passenger cars*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de EUR-Lex - Access to European Union law: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:mi0046>

UNCTAD. (1 de abril de 2010). *Oil Prices and Maritime Freight Rates: An Empirical Investigation - Technical report by the UNCTAD secretariat*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de United Nations Conference on Trade and Development - Publications: [http://unctad.org/en/Docs/dtl1b20092\\_en.pdf](http://unctad.org/en/Docs/dtl1b20092_en.pdf)

UNFCCC. (30 de Julio de 2010). *Tool for estimation of change in soil organic carbon stocks due to the implementation of A/R CDM project activities*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Clean Development Mechanism (CDM) - Methodologies: [https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-16-v1.1.0.pdf/history\\_view](https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-16-v1.1.0.pdf/history_view)

UNIDO. (2007). *UNIDO's Biofuels Strategy: Sustainable Industrial Conversion and Productive Uses of Biofuels*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de United Nations Industrial Development Organization: [http://www.unido.org/fileadmin/import/68441\\_FINAL\\_DRAFT\\_UNIDO\\_BIOFUEL\\_STRATEGY.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/import/68441_FINAL_DRAFT_UNIDO_BIOFUEL_STRATEGY.pdf)

Uruguay XXI. (agosto de 2014). *Energías renovables - Oportunidades de inversión*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Uruguay XXI Promoción de Inversiones y Exportaciones - Invertir en Uruguay - Oportunidades de Inversión - Sector Energía: <http://www.uruguayxxi.gub.uy/inversiones/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Informe-de-energias-renovables.pdf>

Uruguay XXI. (3 de febrero de 2014). *Informe de comercio exterior de Uruguay Enero 2014 - Exportaciones e importaciones de Uruguay*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Uruguay XXI - Centro de Información - Informes de Comercio Exterior - Informes Mensuales: <http://www.uruguayxxi.gub.uy/exportaciones/wp-content/uploads/sites/2/2014/09/Informe-de-Comercio-Exterior-de-Uruguay-Enero-20141.pdf>

UTE. (16 de julio de 2014). *UTE promueve el uso de energía limpia para vehículos*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Administración Nacional de Usinas y Transmisión Eléctrica - Área de Prensa: [http://www.ute.com.uy/php/detalle\\_prensa.php?id=17076](http://www.ute.com.uy/php/detalle_prensa.php?id=17076)

UTE. (7 de noviembre de 2013). *UTE realiza pruebas de rendimiento a ómnibus eléctrico importado por firma ByD*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas - Área de Prensa: [www.ute.com.uy/php/detalle\\_prensa.php?id=14930](http://www.ute.com.uy/php/detalle_prensa.php?id=14930)

WEC. (2012). *World Energy Perspective: Nuclear energy one year after Fukushima*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de World Energy Council for sustainable energy: [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/10/PUB\\_world\\_energy\\_perspective\\_\\_nuclear\\_energy\\_one\\_year\\_after\\_fukushima\\_2012\\_WEC.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/10/PUB_world_energy_perspective__nuclear_energy_one_year_after_fukushima_2012_WEC.pdf)

World Bank. (24 de enero de 2007). *Uruguay - Montevideo Landfill Gas Recovery Project*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de The World Bank - Documents & Reports: <http://documents.worldbank.org/curated/en/2007/01/7557011/uruguay-montevideo-landfill-gas-recovery-project>

World Bank. (2014). *Low Emissions Growth Options for Uruguay: Towards a Sustainable Low-Carbon Economy*. The World Bank Group, Agriculture Global Practice.

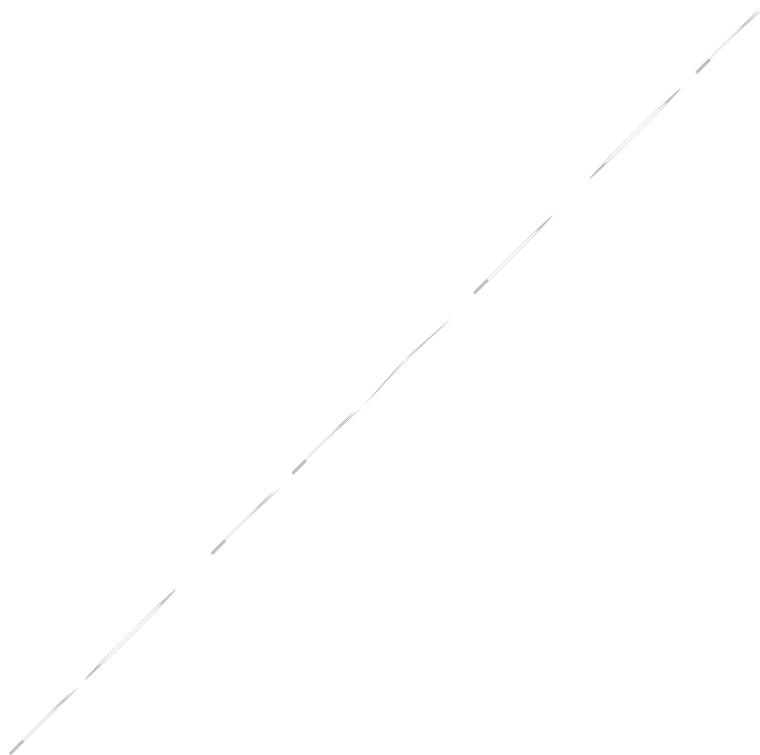
World Bank. (2014). *World Development Indicators: Table 3.6 - Energy production and use*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de World Bank - Data Catalog - WDI: <http://wdi.worldbank.org/table/3.6>

Zamin Ferrous - Minera Aratirí. (2011). *Proyecto Valentines*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Aratirí - Zamin Ferrous: <https://www.aratiri.com.uy>

Zamonsky, P., & Bajsa, S. (2011). Captura y quema de biogás en rellenos sanitarios y su utilización para la generación de energía eléctrica. La experiencia del relleno sanitario de Las Rosas. *4to Congreso Interamericano de Residuos Sólidos de AIDIS*. . Quito, Ecuador, 1-3 junio 2011.

Zecca, E. (26 de setiembre de 2014). *"El ferrocarril menos eficiente" podría ser "rentable"*. Recuperado el 24 de enero de 2016, de Portal 180 - Elecciones 2014: [http://www.180.com.uy/articulo/51138\\_El-ferrocarril-menos-eficiente-podria-ser-rentable](http://www.180.com.uy/articulo/51138_El-ferrocarril-menos-eficiente-podria-ser-rentable)

## **ANEXO 1 – HOJAS INFORMATIVAS DE LAS TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN.**



## Hoja Informativa Tecnológica

<p><b>Nombre de la Tecnología</b> <b>SELECCIONADA</b></p>	<p><b>A2-1. Mejoras en la producción de ganado de carne a campo natural optimizando la gestión espacio-temporal del pastoreo en asociación a incrementos de montes de sombra y abrigo y/o emprendimiento silvopastoriles.</b></p>
<p>Emisiones de GEI del subsector</p>	<p>En el informe BUR de Uruguay de 2015 (MVOTMA - SNRCC, 2015) se incluye el INGEI 2010, que indica que en ese año la mayor fuente de emisiones nacionales corresponde al CH<sub>4</sub> proveniente a la categoría agricultura, con 756,07 Gg. Considerando el PCA del CH<sub>4</sub> de 21, dichas emisiones representan 15.877,47 Gg de CO<sub>2</sub>eq, superando al total del resto de las emisiones nacionales agrupadas. El peso de las emisiones del sector agropecuario en el inventario nacional puede visualizarse también si se las compara con el total de emisiones de CO<sub>2</sub>, que no alcanzan a la mitad de aquellas: 6.370,54 Gg, 93% de las cuales proviene de las quemaduras de combustibles fósiles computadas en el sector energía. A su vez, hubo reducciones o compensaciones por 3643,5 Gg de CO<sub>2</sub>, provenientes en su totalidad de aumento de la biomasa de bosques implantados con fines comerciales.</p> <p>Del total de emisiones de CH<sub>4</sub> de la categoría agricultura, solamente la fermentación entérica del ganado aportó el 92%, por lo que en este reporte se identifica a este sector como el más prioritario en cuanto a las posibles medidas de mitigación que Uruguay deba emprender con el fin de contribuir al objetivo común internacional de lucha contra el cambio climático. Dentro del sector ganadero, según estimaciones realizadas para el 2015 (Clariget, Montossi, Ciganda, &amp; La Manna, 2015), el ganado vacuno aporta el 94% de las emisiones contra tan sólo el 6% del ganado ovino.</p>
<p>Antecedentes/notas. Descripción breve de la opción tecnológica</p>	<p>Como se puede concluir de las secciones anteriores, la ganadería es el subsector del agro más estancado técnica y productivamente, y, a su vez, es un importantísimo rubro a nivel de aporte al PBI nacional y una de las principales fuentes de empleo rural.</p> <p>Asimismo, las emisiones de metano por la fermentación entérica del ganado vacuno se constituyen como la principal fuente de emisiones de GEI de Uruguay. Esto explica por qué en el proceso de ENT realizado en Uruguay la ganadería bovina fue el subsector seleccionado como prioritario dentro del sector agropecuario.</p> <p>A principios de la década de 1960 el gobierno tomó conciencia de la necesidad de mejorar la productividad de los sistemas ganaderos. De esta forma Uruguay comenzó a alentar el aprendizaje y a formar profesionales tomando en cuenta referentes en sistemas de producción animal, principalmente en Nueva Zelanda y Australia (Becoña &amp; Wedderburn, 2010). En esta época, los productores comenzaron a utilizar las nuevas tecnologías para la producción y se aplicaron nuevas prácticas de manejo, tales como la resiembra o inclusive la instalación de praderas artificiales con especies de leguminosas introducidas de mayor valor nutritivo (<i>Trifolium ssp.</i>, <i>Lotus ssp.</i>, etcétera). Sin embargo, y por diferentes causas analizadas en detalle en el informe de ENT la aplicación de estos paquetes tecnológicos en muchos</p>

casos no produjo los resultados económicos esperados.

Adicionalmente, estos paquetes tecnológicos se basaban en especies forrajeras poco adaptadas climáticamente a las condiciones de Uruguay. Esta baja resiliencia climática fue especialmente patente durante las frecuentes e impredecibles sequías estivales, cuando estas praderas poli-anales, muchas veces se “quemaban” en su primer año de instalación, generando graves problemas de desabastecimiento de forraje para el ganado.

Este contexto desencadenó un proceso, a nivel nacional, de revalorización de las praderas naturales uruguayas, que para su explotación no son dependientes de factores de producción importados y que, debido a la adaptación ecológica, son mucho más resilientes a la inestabilidad climática imperante en Uruguay. Adicionalmente, se ha demostrado que un manejo sostenible de las pasturas naturales basado en una optimización espacio-temporal del forraje (Centro Regional CCYTD, 2014), permite al menos aumentar la productividad de carne por unidad de superficie pastoreada, lo que reduce la intensidad de emisiones de GEI por tonelada de carne producida. Teniendo en cuenta además que el ganado se alimentaría con pasturas más nutritivas y menos metanogénicas, esto redundaría en una menor huella de carbono de esta carne producida. Esta reducción neta de emisiones se da además dentro de un nuevo escenario productivo más resiliente, por lo que también se estarían generando sinergias con procesos de mayor adaptación al cambio climático, de una de las producciones más importantes socio-económicamente a nivel rural y también urbano por su relación a la agro-industria asociada.

Así mismo, según se explica en la Contribución Prevista Nacionalmente Determinada mencionada anteriormente, Uruguay no puede mitigar el cambio climático a expensas de reducir la producción de alimentos. Por lo tanto se propone trabajar en la mejora de la eficiencia de las emisiones por producto en el sector, para lo cual el país presenta metas específicas en relación a la producción de carne vacuna, actividad que concentra el 78% de las emisiones nacionales de CH<sub>4</sub> (a partir de la fermentación entérica) y el 63% de las emisiones nacionales de N<sub>2</sub>O (a partir de la disposición de estiércol en los suelos). Estas metas se presentan en términos de intensidad de emisiones por kg de carne vacuna (como peso vivo). A futuro se espera que la producción de alimentos de Uruguay continúe aumentando, dado que el país cuenta con suelos particularmente fértiles, la demanda mundial es creciente y el país debe contribuir a la seguridad alimentaria global. Este hecho particular hace que el inventario de GEI de Uruguay esté y siga estando fuertemente marcado por las emisiones del sector agropecuario: usando la métrica GWP100, el 76% de sus emisiones actuales corresponden a este sector, las tres cuartas partes originadas en la producción de carne vacuna.

Por todo lo dicho resulta clave el investigar en las mejores opciones tecnológicas de mitigación de GEI para la producción de carne vacuna en Uruguay, análisis que se presenta en la siguiente sección.

Desde el punto de vista de mitigación, las principales contribuciones son las siguientes:

- La mejora de la calidad nutritiva de la dieta reduce las emisiones de metano (por una dieta más reducida en contenidos celulósicos de difícil digestión y de alta producción metanogénica).

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El ganado mejora su aumento de peso diario, por lo que necesita menos tiempo para llegar a su peso final y la huella de carbono de la producción de carne se reduce.</li> <li>• Este sistema de pastoreo sostenible permite una mayor cantidad de biomasa, tanto aérea como subterránea, aumentando la fijación de CO<sub>2</sub> atmosférico en los tejidos vivos del tapiz vegetal.</li> <li>• La mayor cantidad de raíces y tejidos muertos contribuye a un aumento del contenido de carbono orgánico del suelo, incrementando de esta forma su capacidad de sumidero de CO<sub>2</sub> atmosférico.</li> <li>• La mayor cobertura del suelo disminuye la erosión y, concomitantemente, la mineralización del carbono del suelo, reduciendo esta fuente de emisiones de GEI. Este proceso favorece además la conservación de los recursos hídricos que son negativamente afectados por la erosión (sedimentación de cursos de agua, aumento del contenido de nutrientes con estímulo a procesos de eutrofización de los cursos de agua, etcétera).</li> </ul> <p>Estos sistemas de manejo de campo natural han demostrado ser más resilientes en condiciones de sequía, dado que, entre muchos beneficios, aumenta la oferta de forraje, implica una dotación más racional del rodeo (concepto de carga segura), al tiempo que mejora la eficiencia del ganado en la conversión de forraje a peso vivo, debido a que mejora la eficiencia del pastoreo (Plan Agropecuario, 2015).</p>
Supuestos de aplicación. Cómo se implementará la tecnología	<p>La producción de carne bovina mediante la optimización espacio-temporal del pastoreo a campo natural puede considerarse una tecnología blanda pues no implica grandes cambios estructurales en las unidades productivas ni inversiones fuera de las regulares para el productor agropecuario. Esto implica que el productor no tendrá que endeudarse para poder implementarla y ello, unido a la mayor rentabilidad de esos sistemas, se cree que redundarán en el éxito de del escalamiento de esta propuesta a nivel comercial. De todas formas es evidente que se necesitará formar tanto a técnicos como a productores para poder utilizar estos sistemas y en ello radicarán los mayores esfuerzos en su implementación. Estos sistemas exigen la optimización del pastoreo, y pueden necesitar un mayor grado de subdivisión de los potreros que los que se manejan en la situación tradicional. Para poder mantener el grado de confort animal y mejorar aún más la eficiencia el pastoreo, sería necesario además proveer de sombra y abrigo al ganado en cada uno de los nuevos potreros generados, y una fuente de agua a nivel de cada potrero. La cercanía de la sombra y el abrigo y de la fuente de agua con respecto a la zona de pastoreo reduce el gasto de desplazamiento del animal, al mismo tiempo que mejora su confort y, por tanto, disminuye la energía metabólica de sobrevivencia, generando un mayor aumento de peso a igual oferta forrajera.</p> <p>Con respecto a los montes de sombra, en determinados esquemas productivos estos pueden ampliarse en superficie utilizando esquemas de Silvopastoreo o Silvopastoriles. En este marco, se aprovecha el recurso suelo con una componente prioritaria foresto-maderera, la cual por sus características y a través de distintos manejos, posibilita secundariamente la producción ganadera (INIA, 2015).</p> <p>En estos sistemas se aprovechan numerosas sinergias entre el ganado y el árbol. El ganado obtiene abrigo meteorológico del monte forestal, lo que disminuye su tasa de metabolismo basal y por tanto aumenta su eficiencia en el engorde y porcentaje de preñez. El árbol se beneficia del control de malezas natural que produce el ganado y también por los aportes de nutrientes de la descomposición del estiércol</p>

	del mismo. En estos esquemas, se priorizan esquemas de espaciamiento entre árboles que mantengan la densidad de árboles por hectárea pero que al mismo tiempo minimicen el sombreado de la pastura.
Barreras	<p>Si bien el Estado ha procurado divulgar estos nuevos sistemas de pastoreo, la naturaleza atomizada y aislada de las explotaciones, así como el escaso grado de corporativismo del sector, han determinado que los productores ganaderos no se hayan podido apropiar debidamente de estos paquetes tecnológicos y no hayan podido capitalizar en alto grado estas mejoras propuestas por la academia y centros de investigación agropecuarios. Esto ha generado la preocupación de las jerarquías nacionales (Oyhancabal, 2015) por mejorar los sistemas de extensión y divulgación tanto de avances tecnológicos, como de políticas de promoción hacia estos sistemas ganaderos más sostenibles y productivos.</p> <p>Otras barreras que se intuyen puedan estar actuando son las culturales, pues el productor ganadero tiene una tendencia tradicionalista a continuar realizando las prácticas aprendidas por sus predecesores y también algunas limitantes a la gestión ya que la práctica de sobre pastoreo tradicional necesita muy poca gestión para su realización en comparación con la tecnología que se propone.</p>
Reducción de emisiones de GEI	En diciembre de 2014 el Banco Mundial realizó para Uruguay un informe que evaluó 18 opciones de medidas para la mitigación de emisiones en el sector agropecuario-forestal (World Bank, 2014). En base a los datos de esta referencia se estima una reducción de 4,6 ton/ha/año de CO <sub>2</sub> eq, por utilizar la tecnología propuesta. De forma conservadora se puede asumir que en los próximos 30 años en el 50% de la superficie ganadera actual (10,5 millones de hectáreas) se adoptará esta nueva tecnología, por lo que en el 2045 podría esperarse una reducción total máxima 24,15 Mton de CO <sub>2</sub> eq anuales. Adicionalmente si se asume, también de forma conservadora, que en el 2045 el 5% del área se maneje en forma de silvopastoreo, asumiéndose una remoción de GEI de 20 ton/CO <sub>2</sub> eq/ha <sup>8</sup> . Por tanto, en base a este supuesto por concepto de silvopastoreo se podría obtener una reducción adicional de 10,50 Mton/CO <sub>2</sub> eq/año en 2045. En función de estos resultados, se estima que la incorporación de esta tecnología permitiría reducir un total de <b>34,65 Mton/CO<sub>2</sub>/año</b> en el 2045.
<b>Impacto de la tecnología propuesta en las prioridades de desarrollo del país.</b>	
Impacto social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la resiliencia climática de la producción extensiva de carne del país. Prioridad estratégica por ser uno de los principales productos de exportación del Uruguay, uno de los mayores generadores de empleo y estabilizadores de la población rural en el campo.</li> <li>• Aumento de la producción. Se estima que con este sistema se puede entre duplicar y triplicar la producción de carne en condiciones de</li> </ul>

<sup>8</sup> Estimación por juicio experto de Pablo Reali. Estas remociones/reducciones se calculan sólo sobre la madera utilizada para producción de energía por biomasa y/o madera de alta calidad que generará productos de largo ciclo de vida. No se estima aumento de carbono orgánico del suelo ni incremento de biomasa radicular de eucaliptos que se manejen por medio de rebrote.

	<p>campo natural, sin mayores inversiones adicionales, con el evidente beneficio socio-económico general, entre ellos la generación de mayores puestos de trabajo, tanto a nivel rural como urbano (cadena agro-industrial asociada).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La generación de masas boscosas multiplica aproximadamente por 10 la cantidad de mano de obra contratada por hectárea en el medio rural, en comparación con la línea de base actual.</li> </ul>
Impacto Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la probabilidad e intensidad de catástrofes productivas con causa climática y con esto disminución del costo que la sociedad debe afrontar para subsidiar a los productores agropecuarios afectados. Por ejemplo en la sequía 2008-2009, ese costo para la sociedad y el sector productivo ascendió a más de 1300 millones de dólares.</li> <li>• Aumento de la producción de carne sin involucrar mayores inversiones e insumos. Mejora el PBI y la balanza comercial.</li> <li>• Mejora de la matriz de generación nacional con biomasa, lo que mejora la balanza comercial del país al reducir la importación de combustibles fósiles.</li> </ul>
Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce las emisiones de GEI de Uruguay mejorando su situación ante nuevos compromisos relacionados a la CMNUCC.</li> <li>• Primeras investigaciones fitosociológicas indicarían que este sistema de pastoreo aumentaría la diversidad florística de las praderas, aumentando también la diversidad de hábitat y de la misma forma estimularía la biodiversidad faunística.</li> <li>• Este sistema al aumentar la altura del tapiz y su densidad, disminuye la susceptibilidad del suelo a la erosión, en contraposición con el sobre pastoreo que genera tapices ralos y de poca altura total.</li> </ul>
<b>Costos</b>	
Costos de Capital	<p><u>Componente ganadero</u>: No significativos, se trata de una tecnología blanda que no exige prácticamente nuevas inversiones.</p> <p><u>Componente silvopastoreo</u>: El único costo significativo es el de la plantación de la masa forestal, que puede ascender entre 500 a 1000 USD/ha dependiendo de las condiciones edafoclimáticas, la especie forestal a utilizar, etc.</p>
Costos de operación y mantenimiento:	<p><u>Componente ganadero</u>: Ídem punto anterior. No se esperan costos significativos de operación y mantenimiento.</p> <p><u>Componente silvopastoreo</u>: la producción de madera de trituración para biomasa no tiene costos significativos. Para el caso de madera aserrada o de-bobinada, se puede esperar en un lapso de entre 15 y 25 años un costo total por concepto de podas y raleos de aproximadamente 600 USD/ha.</p>
Costo de reducción de GEI	<p><u>Componente ganadero</u>: la opción tecnológica propuesta es más rentable que la situación de línea de base (producción de carne en campo natural mediante sobre pastoreo), por lo que la reducción de GEI es un co-beneficio que no tiene costos.</p> <p><u>Componente silvopastoreo</u>: Ídem punto anterior. La producción de biomasa para energía y la madera de calidad es más rentable que la situación de línea de base (praderas naturales sobre pastoreadas).</p>

	En base a los resultados del estudio citado anteriormente, se determinó un costo privado de reducción de emisiones de -6.04 USD/ton CO <sub>2</sub> eq evitada en el caso de la mejora en la gestión del pastoreo natural y de <b>-364.91 USD/ton CO<sub>2</sub>eq</b> reducida en el caso de la medida vinculada a la provisión de agua y sombra.
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Hoja Informativa Tecnológica

Nombre de la Tecnología	<b>A2-2. Incremento de la producción ganadera mejorando la dieta del ganado.</b>
Emisiones de GEI del subsector	<p>En el informe BUR de Uruguay de 2015 (MVOTMA - SNRCC, 2015) se incluye el INGEI 2010, que indica que en ese año la mayor fuente de emisiones nacionales corresponde al CH<sub>4</sub> proveniente a la categoría agricultura, con 756,07 Gg. Considerando el PCA del CH<sub>4</sub> de 21, dichas emisiones representan 15.877,47 Gg de CO<sub>2</sub>eq, superando al total del resto de las emisiones nacionales agrupadas. El peso de las emisiones del sector agropecuario en el inventario nacional puede visualizarse también si se las compara con el total de emisiones de CO<sub>2</sub>, que no alcanzan a la mitad de aquellas: 6.370,54 Gg, 93% de las cuales proviene de las quemaduras de combustibles fósiles computadas en el sector energía. A su vez, hubo reducciones o compensaciones por 3643,5 Gg de CO<sub>2</sub>, provenientes en su totalidad de aumento de la biomasa de bosques implantados con fines comerciales.</p> <p>Del total de emisiones de CH<sub>4</sub> de la categoría agricultura, solamente la fermentación entérica del ganado aportó el 92%, por lo que en este reporte se identifica a este sector como el más prioritario en cuanto a las posibles medidas de mitigación que Uruguay deba emprender con el fin de contribuir al objetivo común internacional de lucha contra el cambio climático. Dentro del sector ganadero, según estimaciones realizadas para el 2015 (Clariget, Montossi, Ciganda, &amp; La Manna, 2015), el ganado vacuno aporta el 94% de las emisiones contra tan sólo el 6% del ganado ovino.</p>
Antecedentes/notas. Descripción breve de la opción tecnológica	<p>Como se puede concluir de las secciones anteriores, la ganadería es el subsector del agro más estancado técnica y productivamente, y, a su vez, es un importantísimo rubro a nivel de aporte al PBI nacional y una de las principales fuentes de empleo rural.</p> <p>Asimismo, las emisiones de metano por la fermentación entérica del ganado vacuno se constituyen como la principal fuente de emisiones de GEI de Uruguay. Esto explica por qué en el proceso de ENT realizado en Uruguay la ganadería bovina fue el subsector seleccionado como prioritario dentro del sector agropecuario.</p> <p>La mejora de la calidad nutritiva de la dieta reduce las emisiones de metano (por una dieta más reducida en contenidos celulósicos de difícil digestión y de alta producción metanogénica).</p> <p>El ganado mejora su aumento de peso diario, por lo que necesita menos tiempo para llegar a su peso final y la huella de carbono de la producción de carne se reduce.</p> <p>La tecnología propuesta consiste en la suplementación del ganado de carne, con base en el pastoreo extensivo en praderas</p>

	<p>naturales, con alimentos provenientes del cultivo de praderas artificiales y cultivos graníferos forrajeros (maíz, sorgo forrajero, etc.) que el productor ganadero cultivaría en una parte de sus establecimientos.</p>
<p>Supuestos de aplicación. Cómo se implementará la tecnología</p>	<p>Como se ha dicho, la presente medida de mitigación, ya planteada en trabajos anteriores (World Bank, 2014), se propone para cuantificar el impacto de mejorarla calidad de la dieta, aumentando la digestibilidad mediante la introducción de mejoramientos extensivos y suplementación estratégica con concentrados.</p> <p>Hay que destacar que la suplementación solo se brinda en momentos en que el forraje natural no es suficiente para suplir la demanda de alimentos. Dado su alto costo, esta opción solamente es utilizada en situaciones de mayor impacto y retorno.</p> <p>En ese sentido, se estudia aquí el uso de suplementos en predios cuya base forrajera predominante es el campo natural sobre el que se puede pensar que el suplemento mantendrá la producción en escenarios climáticos desfavorables. Se estudiará el caso de recría en vacunos de invierno. Esta opción requiere de una adaptación del productor a esta tarea y de una cierta infraestructura y mano de obra.</p> <p>Diversos estudios muestran que sin suplementación invernal la pérdida de peso en los terneros puede oscilar entre 15 y 25 kg (Luzardo, Montossi, &amp; Brito, 2010). Sin embargo el beneficio es mayor si la oferta de forraje verde es deficitaria, como generalmente ocurre en sistemas con base a campo natural en invierno. En este caso se tomará un valor promedio de 20 kg ya que esta medida de mitigación incluye el incremento de 200.000 ha de mejoramientos extensivos.</p> <p>En concreto, esta medida propone incrementar el área de campo natural mejorado y forrajes anuales en 200.000 ha en un plazo de 30 años.</p>
<p>Barreras</p>	<p>A principios de la década de 1960 el gobierno tomó conciencia de la necesidad de mejorar la productividad de los sistemas ganaderos. De esta forma Uruguay comenzó a alentar el aprendizaje y a formar profesionales tomando en cuenta referentes en sistemas de producción animal, principalmente en Nueva Zelanda y Australia (Becoña &amp; Wedderburn, 2010). En esta época, los productores comenzaron a utilizar las nuevas tecnologías para la producción y se aplicaron nuevas prácticas de manejo, tales como la resiembra o inclusive la instalación de praderas artificiales con especies de leguminosas introducidas de mayor valor nutritivo (<i>Trifolium ssp.</i>, <i>Lotus ssp.</i>, etcétera).</p> <p>Sin embargo, y por diferentes causas analizadas en detalle en el informe de ENT, la aplicación de estos paquetes tecnológicos en muchos casos no produjo los resultados económicos esperados.</p> <p>Adicionalmente, dichos paquetes tecnológicos se basaban en especies forrajeras poco adaptadas climáticamente a las cambiantes condiciones climáticas de Uruguay. Esta baja resiliencia climática fue especialmente patente durante las frecuentes e impredecibles sequías estivales, cuando estas praderas poli-anuales, muchas veces se “quemaban” en su primer año de instalación, generando</p>

	<p>graves problemas de desabastecimiento de forraje para el ganado y graves perjuicios económicos para los productores.</p> <p>El otro componente de este mejoramiento de la dieta es la suplementación de la alimentación con concentrados a base de granos. Además de los comentarios realizados al respecto de la vulnerabilidad climática de las praderas artificiales, que también afectan a la producción de la agricultura de secano que se utiliza en Uruguay para la producción de estos granos, caben otras consideraciones que implican potenciales barreras importantes, como ser que el precio de los granos a nivel internacional puede peligrar el abastecimiento a nivel nacional de estos como insumos para la suplementación del ganado y también que los costos internacionales del petróleo, fertilizantes y agroquímicos muchas veces pueden inviabilizar total o parcialmente la producción de estos granos con el objetivo de la alimentación del ganado.</p>
Reducción de emisiones de GEI	<p>El cambio propuesto, es decir destinar parte de los predios para la producción de granos y forrajes artificiales, determina un incremento en la producción de materia al haber más tierras con mejoramientos (5.050 kgMS/ha), con respecto a campo natural (3.900 kg MS/ha). Esta diferencia en producción se traduce en mayor cantidad de kg ganados por ternero y por lo tanto una reducción de las emisiones por unidad de producto.</p> <p>Esta medida tendrá también un impacto en cuanto a reducción de emisiones porque permitirá reducir la actual tendencia de degradación del suelo bajo campo natural, provocando una mayor acumulación de carbono en suelo y, por otro lado, esta medida afecta todas aquellas modalidades de mejora en la dieta que efectivamente colaboren con una mayor eficiencia del ciclo productivo y una menor emisión por unidad de producto.</p> <p>El estudio de Banco Mundial (World Bank, 2014) determinó que en un período de 30 años, si se aplicara la medida en 200.000 ha, el potencial de reducción de emisiones es de 153.470 kton CO<sub>2</sub>eq. O sea que se podría lograr una reducción de 0.026 kton CO<sub>2</sub>eq/ha/año. Suponiendo, de forma conservadora, que la medida se aplicara promedialmente a 1 millón de hectáreas, se podría estar generando, a nivel nacional una reducción de <b>763.350 kton de CO<sub>2</sub>eq.</b></p>
<b>Impacto de la tecnología propuesta en las prioridades de desarrollo del país.</b>	
Impacto social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la producción ganadera por suplementación en condiciones de déficit alimenticio invernal, haciendo más resiliente económicamente a el sector ganadero criador y recriador, que es de los más sumergidos económicamente y qué más mano de obra ocupa a nivel agropecuario a nivel nacional.</li> <li>• Estabilización de la población rural y reducción de la emigración a los cinturones de pobreza de las ciudades.</li> </ul>

Impacto Económico	A nivel macroeconómico, al hacer más resiliente económicamente la actividad, se protege el empleo y se estimula la producción ganadera en muchos campos con suelos de baja calidad que no permiten otro uso productivo.
Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce las emisiones de GEI de Uruguay mejorando su situación ante nuevos compromisos relacionados a la CMNUCC.</li> <li>• Si no se toman las medidas adecuadas, el aumento de los cultivos puede generar, por escurrimiento de fertilizantes hacia los cuerpos de agua, procesos de eutrofización con indeseables consecuencias tanto para los ecosistemas fluviales, como para los usos potenciales del agua.</li> </ul>
<b>Costos</b>	
Costos de Capital	<p>Implica un costo adicional significativo derivado de la instalación de cultivos forrajeros y praderas artificiales, por lo que la rentabilidad de la aplicación dependerá de lo riguroso de los inviernos y de la pérdida de peso de los animales de no aplicarse el suplemento. Es imposible estimar un costo representativo de las muy diferentes situaciones edafo-climáticas donde se produce la cría y re cría del ganado de carne en Uruguay.</p> <p>De acuerdo al ya citado estudio del Banco Mundial (World Bank, 2014), se considera un costo de capital de 80 USD/ha correspondiente al costo de mejora de praderas.</p>
Costos de operación y mantenimiento:	Los principales costos de operación y mantenimiento, derivan de la cosecha, enfardado, y/o ensilado de las praderas artificiales y los cultivos forrajeros. En caso de que se realice un pastoreo controlado de las praderas artificiales, el principal costo es la su-potrerización con alambrado eléctrico y el manejo adicional del ganado.
Costo de reducción de GEI	En base al estudio citado anteriormente se consideró un costo de reducción de emisiones de GEI de <b>-25.99 USD/ton CO<sub>2</sub>eq</b> , si bien este valor representa únicamente una referencia, dado que esto dependerá de la diversidad productiva y económica de las zonas pasibles de ser aplicada. Esta medida exige un análisis a mayor profundidad.

## Hoja Informativa Tecnológica

<p><b>Nombre de la Tecnología</b> <b>SELECCIONADA</b></p>	<p><b>A2-3. Mejoras en la eficiencia de uso de combustible de los vehículos particulares.</b></p>
<p>Emisiones de GEI del subsector</p>	<p>De acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de GEI 2010, la quema de combustibles en el sector transporte es responsable del 8,7% de las emisiones de GEI y de aproximadamente la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> totales del país: 3.076 Gg CO<sub>2</sub>, equivalentes al 48% del total en 2010.</p> <p>El transporte terrestre carretero generó la mayor parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector (98,2%), en particular a partir del consumo de gasoil/diesel oil (61,4%) y de gasolina (36,8%). Las restantes categorías del sector transporte (navegación marítima y fluvial, aviación civil y transporte de ferrocarriles) hacen un aporte muy minoritario a las emisiones de CO<sub>2</sub>, sumando el 1,8% restante (INGEI 2010)</p> <p>Dentro de las actividades de quema de combustibles el sector transporte hace también contribuciones significativas en emisiones de otros GEI distintos al CO<sub>2</sub> (datos de 2010): N<sub>2</sub>O (26,6%), NO<sub>x</sub> (59,7%), CO (46,1%), y COVDM (78,5%) y CH<sub>4</sub> (11,4%). En menor medida el sector transporte también aporta en la quema de combustibles a las emisiones de SO<sub>2</sub> (16,7%) (INGEI 2010).</p> <p>Según el informe sobre tecnologías para la mitigación del Cambio Climático en el Sector Transporte elaborado por el UNEP – DTU Partnership (UDP, 2011), en 2006 el sector contribuyó con el 23% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, con aumentos sustanciales proyectados, en particular en los países en desarrollo (en Uruguay el porcentaje se duplica). De acuerdo con el Grupo de Trabajo III para el Cuarto informe del IPCC (IPCC, 2007), la tasa de crecimiento de los GEI correspondiente al transporte es la más alta entre todos los sectores de uso final de la energía. Virtualmente, toda esta energía utilizada en el transporte proviene de los combustibles fósiles; dos tercios corresponden al transporte de pasajeros y el resto a transporte de cargas (IAC, 2007).</p>
<p>Antecedentes/notas. Descripción breve de la opción tecnológica</p>	<p>Debido a la naturaleza compleja del sector transporte, los responsables de las políticas en la materia, especialmente para los países en desarrollo, se enfrentan con algunos desafíos excepcionalmente difíciles. Por un lado, el desarrollo de infraestructura y tecnologías blandas puede ser tan o más eficaz que el de tecnologías duras para reducir las emisiones del sector. Además, hasta ahora el transporte no ha recibido tanta atención como otros sectores (como por ejemplo el sector energético), y por tanto la información técnica es escasa a nivel del dominio público. Esta falta de información hace que sea mucho más difícil desarrollar planes de mitigación significativa.</p>

Según un informe del Departamento de Transporte de Nueva York (NYC DOT, 2015), en el mundo ha habido un crecimiento exponencial de la propiedad privada de automóviles: de los 200 millones de automóviles en funcionamiento en 1970 se alcanzó la cifra de 850 millones en 2006, con gran parte de la presión de este crecimiento siendo soportada por las ciudades (Rogat, 2010). El crecimiento en la adquisición de vehículos particulares es más rápido en los países en desarrollo, donde al aumentar los ingresos per cápita muchas familias que antes no tenían automóvil están comprándolo.

Analizando la situación de Uruguay, se utilizó la metodología multicriterio propuesta por la Guía ENT (Haselip, Narkeviciute, & Rogat Castillo, 2015) para el proceso de priorización de los subsectores en los talleres nacionales interinstitucionales colocó en los tres primeros lugares con mejor puntaje a subsectores de transporte carretero, en el siguiente orden decreciente: pasajero colectivo urbano, pasajero vehicular particular y carga de largo alcance.

En el ya mencionado informe sobre tecnologías para mitigación del Cambio Climático en el Sector Transporte (UDP, 2011) se proponen una serie de medidas para reducir las emisiones de GEI de los vehículos particulares, dentro de las cuales incluyó: “la mejora la eficiencia de uso de combustible de los vehículos particulares”.

El Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático (PNRCC), elaborado en enero de 2010 por el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC, 2010), es el documento de diagnóstico y de lineamientos estratégicos que diagrama el plan de acción que Uruguay debería seguir para afrontar los impactos del cambio climático en los próximos años. Para el sector transporte, el PNRCC plantea también “definir políticas y planes que contribuyan a la disminución del consumo de energéticos, diversificando la matriz y definiendo acciones que permitan una mejora de la eficiencia en el uso de energía en el transporte”.

En el 2011 el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Uruguay, impulsó la elaboración de un Plan Estratégico de Transporte, Logística e Infraestructura al año 2030 (PETLI 2030) que fue respaldado por los partidos políticos, empresarios y trabajadores en un acto protocolar el 8 de diciembre de 2011 (MTOP, 2011). El Objetivo 3.2 del PETLI incluía “Impulsar la mejora de la eficiencia energética vehicular”.

En el año 2009 se aprobó la ley N° 18.597 de Uso Eficiente de la Energía (Poder Legislativo ROU, 2009), que declara de interés nacional el uso eficiente de la energía con el propósito de contribuir con la competitividad de la economía nacional y el desarrollo sostenible del país. La ley constituye el marco jurídico-institucional para el desarrollo de una política de eficiencia energética y establece, entre otras medidas, la elaboración del Plan Nacional de Eficiencia Energética y la definición de una Meta de Energía Evitada. Consecuentemente, el 3 de agosto de 2015 se aprobó en Uruguay el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015-2024 (PNEE) (MIEM, 2015), donde

	<p>justamente una de las líneas de trabajo consiste en: “Implementar un programa de etiquetado vehicular que implique: difundir el rendimiento de combustibles de vehículos livianos según la norma UNIT 1130:2013 (adopción voluntaria), incorporando los vehículos al Sistema Nacional de Etiquetado en Eficiencia Energética (EE) y analizando su impacto; evaluar la factibilidad de un laboratorio nacional de ensayo de EE vehicular.</p> <p>Uruguay ha participado en los últimos años en proyectos y talleres de fortalecimiento de las capacidades nacionales en el tema de medición y reducción de las emisiones vehiculares. El más pertinente a los efectos de esta evaluación fue el Proyecto “Combustibles y vehículos limpios, y un transporte vial más eficiente” en el marco del Global Fuel Economy Initiative (GFEI). DINAMA – Centro Mario Molina (Chile) (2012 – 2015).</p> <p>En base a los resultados de este proyecto y teniendo en cuenta todos los antecedentes mencionados, con especial énfasis en lo desarrollado en relación con el PNEE, es que se presenta la siguiente propuesta, basada en la metodología GFEI y sus resultados de implementación en Chile.</p>
<p>Supuestos de aplicación. Cómo se implementará la tecnología</p>	<p>Establecimiento de un Programa Nacional de Eficiencia Energética para Vehículos Particulares, a desarrollarse mediante las siguientes etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Planificación</u>. Esta es la etapa más larga, en la cual las autoridades públicas: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Colectan la información y el status quo previo a la aplicación de políticas (establecimiento de la línea de base).</li> <li>b. Seleccionan la combinación y el alcance de las políticas de ahorro de combustible.</li> <li>c. Se aseguran los recursos, incluyendo el <i>expertise</i>, para alcanzar e implementar las metas establecidas en las políticas.</li> <li>d. Establecen los métodos de medición, valores meta y forma de los estándares de eficiencia energética (ahorro de combustible).</li> <li>e. Determinan el diseño del etiquetado de ahorro de combustible y de las medidas fiscales.</li> </ol> </li> <li>2. <u>Implementación</u>: Las autoridades públicas competentes certifican y supervisan los valores de los ensayos de eficiencia energética vehicular.</li> <li>3. <u>Monitoreo</u>: Las autoridades públicas competentes monitorean los datos de la certificación y llevan a cabo auditorías para verificar el cumplimiento de los estándares y etiquetados de eficiencia energética.</li> <li>4. <u>Evaluación</u>: Las autoridades públicas competentes analizan y evalúan los datos de los ensayos para verificar si son necesarios procedimientos para forzar el cumplimiento de los estándares; evalúan los impactos de las políticas de ahorro de combustible, y, si es necesario, revisan las políticas para tener en cuenta los avances tecnológicos y las fallas o faltantes en el diseño de las políticas.</li> </ol>

	A los efectos de la implementación de este programa se requiere la instalación un laboratorio de ensayos de eficiencia energética vehicular, el cual se constituye en el principal costo asociado a la aplicación de la presente propuesta.
Barreras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencias de las fuerzas del mercado a la imposición de compras de autos nuevos más eficientes y más costosos.</li> <li>• Poco grado de concientización popular acerca de las ventajas económicas y ambientales por la utilización de autos más eficientes y menos contaminantes.</li> <li>• Falsa suposición sobre los altos costos del sistema de monitoreo y certificación (el principal costo es la instalación y operación del laboratorio de eficiencia energética vehicular, que podría compensarse con un pequeño impuesto de importación que no afectaría la fluidez del mercado de los vehículos nuevos).</li> </ul>
Reducción de emisiones de GEI	En función del grado de avance del estudio, se considera que únicamente resulta factible realizar una estimación del potencial de reducción de emisiones de GEI asociado a la implementación de medidas de mejora de eficiencia energética en el sector. El potencial efectivo de reducción de emisiones dependerá de diversos factores, tales como el alcance del programa (es decir si éste comprenderá el parque vehicular nuevo y el parque actual, es decir los vehículos usados), si el mismo será de aplicación voluntaria u obligatoria, las metas y plazos de cumplimiento que se establezcan y la introducción de incentivos económicos que contribuyan a acelerar la introducción de estas medidas. Sin perjuicio de ello, en base a los últimos antecedentes disponibles a nivel nacional (World Bank, 2014), la introducción de un programa de etiquetado vehicular que contribuya a mejorar la eficiencia energética del parque permitiría obtener una reducción de <b>2873 ktonCO<sub>2</sub>eq</b> acumuladas en el período 2014-2035.
<b>Impacto de la tecnología propuesta en las prioridades de desarrollo del país.</b>	
Impacto social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora en la calidad ambiental atmosférica en las ciudades, y por lo tanto mejora de la calidad de vida de la población.</li> </ul>
Impacto Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción en el consumo e importación de combustibles fósiles, y mejora de la balanza de pagos y balance de divisas del país.</li> <li>• Disminución de los costos de salud en enfermedades respiratorias asociadas a la mala calidad del aire en las ciudades.</li> </ul>
Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora de la calidad ambiental atmosférica en ciudades. Los vehículos más eficientes en el uso del combustible, también son menos contaminantes.</li> <li>• Disminución de la generación de GEI en Uruguay, facilitando la inserción del país en futuros compromisos de reducción de GEI que pudieran surgir en el seno del CMUNCC.</li> </ul>

<b>Costos</b>	
Costos de Capital	El principal costo de capital de la tecnología propuesta consiste en la instalación de un laboratorio de eficiencia energética vehicular. En Chile la instalación de un laboratorio de similares características tuvo un costo total, incluida la capacitación del personal, de USD 3.314.000
Costos de operación y mantenimiento:	El costo total de operación y mantenimiento de dicho laboratorio en Chile asciende a USD 229.500 anuales por todo concepto.
Costo de reducción de GEI	En base a los antecedentes indicados anteriormente (World Bank, 2014), se consideró un costo económico de reducción de emisiones de GEI de <b>-417 USD/ton.CO<sub>2</sub>eq evitada.</b>

## Hoja Informativa Tecnológica

<p><b>Nombre de la Tecnología</b></p>	<p><b>A2-4. Utilización de biocombustibles para el transporte de cargas y pasajeros.</b></p>
<p>Emisiones de GEI del subsector</p>	<p>Según lo consignado en la Contribución Prevista Nacionalmente Determinada por Uruguay, así como la producción de carne vacuna es la actividad que emite más CH<sub>4</sub> (78%), el sector energía (incluyendo transporte) es el sector que más emite CO<sub>2</sub> (94%). Según el perfil de emisiones de Uruguay del INGEI 2010 (MVOTMA - SNRCC, 2015), el sector transporte es el principal contribuyente con el 8.9 % de las emisiones totales de GEI del país y responsable del 48% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en 2010.</p>
<p>Antecedentes/notas. Descripción breve de la opción tecnológica</p>	<p>Se denominan biocombustible a los combustibles derivados de la conversión de biomasa en períodos cortos de tiempo (a diferencia de los fósiles), para proveer insumos sostenibles en aplicaciones de calor, energía o transporte (UNIDO, 2007). Los biocombustibles más usados y desarrollados son el bioetanol y el biodiésel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El bioetanol, se obtiene por fermentación alcohólica de azúcares de diversas plantas como la caña de azúcar, remolacha o cereales. En 2006, Estados Unidos fue el principal productor de bioetanol (36% de la producción mundial), Brasil representa el 33,3%, China el 7,5%, la India el 3,7%, Francia el 1,9% y Alemania el 1,5%. La producción total de 2006 alcanzó 55 mil millones de litros. En el caso de Uruguay el bioetanol se produce a partir de la plantación de caña de azúcar en el norte del país.</li> <li>• El biodiésel, se fabrica a partir de aceites vegetales, que pueden ser ya usados o sin usar. En este último caso se suele usar colza, canola, soja o jatrofa, los cuales son cultivados para este propósito. El principal productor de biodiésel en el mundo es Alemania, que concentra el 63% de la producción. Le sigue Francia con el 17%, Estados Unidos con el 10%, Italia con el 7% y Austria con el 3%. En Uruguay se produce a partir de aceites de cocina usados y también a partir del cultivo del girasol.</li> </ul>
<p>Supuestos de aplicación. Cómo se implementará la tecnología</p>	<p>En el país, a partir la aprobación en 2007 de la ley de Agrocombustibles (Poder Legislativo ROU, 2007) se observa un crecimiento sostenido de los biocombustibles (bioetanol y biodiesel), que pasaron del 1% en 2010 a 3% en 2013 (7,0 ktep a 37,8 ktep en 4 años). Las mezclas promedio en 2013 fueron 5% de bioetanol con las gasolinas y 4% de biodiesel con el gasoil.</p> <p>La tecnología de producción de biocombustibles y sus mezclas con combustibles de origen fósil están bien comprendidas y se aplican de modo corriente en el país. Dado que ANCAP tiene el monopolio de la producción de biocombustibles y de la mezclas de los mismos con</p>

	biocombustibles, la propuesta de aplicación aquí consistiría en el estudio de una posible ampliación de la Ley de Agro combustibles para ampliar los porcentajes de mezcla de dichos biocombustibles con los combustibles fósiles convencionales y de esta forma reducir el porcentaje de emisiones de GEI, tanto en el transporte de cargas y pasajeros en Uruguay.
Barreras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio de las materias primas.</li> <li>• Baja productividad de la producción de caña de azúcar en el país. Debido a condiciones climáticas, solo se puede obtener una cosecha de caña al año, en comparación con las dos y tres cosechas que se pueden producir en Brasil, Paraguay o el Norte de Argentina.</li> <li>• Competencia con otros usos alimenticios de la producción: azúcar comestible para el caso del bioetanol y aceite comestible para el caso del biodiesel.</li> <li>• Disponibilidad de capacidad instalada.</li> <li>• Escenario actual del precio internacional del petróleo.</li> </ul>
Reducción de emisiones de GEI	De acuerdo a los últimos antecedentes disponibles a nivel nacional (World Bank, 2014), se estima que la introducción de biocombustibles tendría un potencial de reducción de emisiones de <b>1281 ktonCO<sub>2</sub>eq</b> acumuladas al año 2035.
<b>Impacto de la tecnología propuesta en las prioridades de desarrollo del país.</b>	
Impacto social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de puestos de trabajos calificados en el sector industrial para la producción de biocombustibles en zonas muy deprimidas socio-económicamente (norte del país).</li> <li>• Generación de puestos de trabajo en zonas rurales, por aumento de la superficie agrícola necesaria para el incremento de la producción de biocombustibles y los servicios asociados a la producción, transporte de la producción, insumos necesarios para la misma, etc.</li> <li>• Posibles afectaciones negativas de la derivación de los dineros públicos hacia políticas de promoción (renuncias impositivas, subsidios, etc., de este tipo de producción).</li> </ul>
Impacto Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustitución parcial de combustibles fósiles importados y mejora de la balanza de pagos y balance de divisas.</li> <li>• Diversificación de la matriz energética: reducción de la dependencia energética.</li> <li>• Estimulo a la producción agrícola, industrial y de servicios involucrados en este incremento de la producción de biocombustibles.</li> </ul>

Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de las emisiones de GEI del país, mejorando su situación ante compromisos que ratifique el país ante la CMNUCC, etc.</li> <li>• Reducción de la contaminación atmosférica con otros contaminantes derivados de la combustión de combustibles fósiles diferentes de los GEI, que la cuota parte de biocombustibles no posee.</li> </ul>
<b>Costos</b>	
Costos de Capital	Dependiendo del incremento potencial de mezclas con biocombustibles generados por una modificación de la ley, sería necesario ampliar la capacidad instalada en las plantas actuales de producción de biodiesel y etanol. Asimismo, sería necesario considerar el costo de expansión del área de cultivo.
Costos de operación y mantenimiento:	En función del incremento del porcentaje de mezcla aumentarían o no significativamente estos costos, dependiendo de si hubiera o no que aumentar la infraestructura industrial o de transporte y el cultivo a partir del cual se prevea atender el crecimiento de la producción.
Costo de reducción de GEI	En base a los antecedentes indicados anteriormente (World Bank, 2014), se consideró un costo económico de reducción de emisiones de GEI de <b>207 USD/ton.CO<sub>2</sub>eq evitada.</b>

## Hoja Informativa Tecnológica

<b>Nombre de la Tecnología</b>	<b>A2-5. Utilización de autos eléctricos e híbridos.</b>
<b>Emisiones de GEI del subsector</b>	<p>Según lo consignado en la Contribución Prevista Nacionalmente Determinada por Uruguay, así como la producción de carne vacuna es la actividad que emite más CH<sub>4</sub> (78%), el sector energía (incluyendo transporte) es el sector que más emite CO<sub>2</sub> (94%). Según el perfil de emisiones de Uruguay del INGEI 2010 (MVOTMA - SNRCC, 2015), el sector transporte es el principal contribuyente con el 8.9 % de las emisiones totales de GEI del país y responsable del 48% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en 2010.</p>
<b>Antecedentes/notas.</b> <b>Descripción breve de la opción tecnológica</b>	<p>La tecnología híbrida se basa en la disposición en un mismo vehículo de dos motores, uno de tracción eléctrica y el otro de combustión interna, que alternan su utilización para transmitir el movimiento a las ruedas, en función de qué tipo se trate o de qué fase de movimiento se encuentre (arranque, aceleración, desaceleración, etc.). Además, normalmente se aprovecha el período de frenado o desaceleración del motor de combustión para generar energía eléctrica (a través de un generador) y almacenarla en baterías (DNE/AECID/Ardanuy, 2014). Más detalles de la tecnología se encuentran en esta misma fuente.</p> <p>Con el objetivo de aprender y evaluar potencialidades con experiencias piloto, en coordinación con la DNE en 2013 UTE importó en régimen de admisión temporaria un ómnibus eléctrico para probar su rendimiento en recorridos de varias líneas (UTE, 2013). Posteriormente, en julio de 2014, UTE incorporó a su flota 30 camionetas eléctricas, anunciando la intención de comprar 200 más (UTE, 2014). En agosto de 2015 la Intendencia de Montevideo (IdM), también en coordinación con el MIEM, presentó los primeros cuatro taxis eléctricos.</p> <p>En la Contribución Prevista Nacionalmente Determinada (CPND) de Uruguay se incluye el promover la mayor penetración de vehículos eléctricos e híbridos, también en el Proyecto “Desarrollo local resiliente al cambio climático y de bajas emisiones de carbono en los departamentos de Canelones, Montevideo y San José” (Mattos, 2011), se propone dentro de una de las líneas de acción tecnológica en los sistemas de transporte , una medida de incorporación de vehículos híbridos dentro de las flotas de transporte particular.</p>
<b>Supuestos de aplicación. Cómo se implementará la tecnología</b>	<p>En primer lugar se considera necesario generar un marco normativo y el diseño de un tratamiento impositivo más favorable orientado a reducir el costo de compra del vehículo, ya que éste representa una de las principales barreras a la incorporación de estas tecnologías. Esto debería complementarse con el diseño de instrumentos financieros, tales como líneas de crédito y/o tasas de interés preferenciales</p>

	<p>para la compra de este tipo de vehículos.</p> <p>Un segundo aspecto a considerar se vincula a la necesidad de implementar medidas que contribuyan a reducir el gasto asociado al uso del vehículo (entre otros, el gasto por consumo de combustible y otros costos adicionales tales como seguro, estacionamiento, pagos de peaje, etc.) con relación al gasto asociado a un vehículo privado convencional (nafta y gas oil). En el caso particular del vehículo eléctrico, esto requeriría, entre otras acciones, el diseño de una categoría tarifaria adecuada a su modalidad de consumo de energía.</p> <p>Por otra parte, por tratarse de una tecnología aún incipiente en Uruguay, se considera adecuado la implementación de experiencias piloto, tales como programas de incorporación de estos vehículos en las flotas de transporte del sector público.</p>
Barreras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Carga de las baterías:</u> Las baterías de más de 400 km de autonomía son muy costosas y se recargan en unas 9 horas sin mermar su capacidad. Para evitar este problema sería necesario cambiar las baterías descargadas por otras con carga de manera inmediata, de forma tal que al repostar en una estación de servicio el vehículo ingresara casi sin energía eléctrica y saliera de allí total o parcialmente cargado pocos minutos más tarde. Para ello las baterías deberían adaptarse perfectamente de manera de poder cambiarse rápidamente y que esto pudiese hacerse tanto de forma total como fraccionada. En Uruguay habría que adaptar la estructura de las estaciones de servicio para estas operaciones lo que genera un problema cíclico de difícil solución pues el sector privado, a priori no se sentiría estimulado a invertir hasta que no hubiera un parque de autos eléctricos suficientemente grande y esto a su vez no ocurrirá hasta que no se solucionen los problemas de infraestructura de recargas. Una forma de paliar esta situación es la recarga domiciliaria nocturna, en horas en que se aprovecharía la sobre oferta de energía de centrales de generación fija (hidroeléctricas, eólicas, etc.) y por lo tanto se accedería a precios preferenciales. Se están desarrollando también sistemas de carga rápida (15-30 min), pero concebidos a más largo plazo por sus mayores complicaciones (alto voltaje y amperaje: 400 V y 400 A) (DNE/AECID/Ardanuy, 2014).</li> <li>• <u>Precio de los vehículos:</u> La mayoría de los autos eléctricos van a ser en el corto plazo más caros que sus equivalentes a combustibles convencionales, aún cuando en muchos países los eléctricos cuentan con subsidios para su compra, en tanto los híbridos son aún más caros por la complejidad del tren dual de tracción (IEA, 2013). Por ejemplo, un Toyota Corolla gama alta de Toyota, puede costar en torno a 17.000 euros con lo básico, en tanto un vehículo eléctrico como el THINK City alcanza en el mercado los 30.114 euros. El mayor desafío de los fabricantes es mejorar el costo y desempeño de las baterías, que representan gran parte del costo del auto eléctrico, y que actualmente están para una batería litio – ion en el orden de 500-650 USD/kWh (IEA, 2013).</li> <li>• <u>Costo de los seguros:</u> Para el caso de Uruguay esto está siendo determinante. En agosto del 2015 la Intendencia Municipal de Montevideo (IdM, 2015), autorizó la incorporación de 50 taxis eléctricos a los que se les cobraría el 50% de la matrícula de taxi y</li> </ul>

	<p>además la empresa de generación eléctrica estatal le entregaría a los taxistas un crédito de USD 5000 en reducción por única vez del costo de la electricidad, como una medida de estímulo. Sin embargo de las 50 plazas solamente fueron ocupadas 6 y la principal razón radica en el alto costo de los seguros de estos vehículos, donde el costo de la batería equivale a un tercio del costo total del auto (IEA, 2013) y en una colisión mediana dicha batería podría romperse.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Menor autonomía</u> que un coche convencional. Las autonomías máximas de los autos eléctricos puros están actualmente entre 200 y 500 km (los de mayor autonomía tienen costos muy elevados) (DNE/AECID/Ardanuy, 2014), lo que los haría más apropiados sólo para usos urbanos. Esto limita fuertemente la opción de compra, ya que un particular debería comprar un coche convencional adicional para los viajes por carretera, lo que encarecería mucho no sólo la inversión de compra, sino además los costos de operación. En EEUU una encuesta reveló que el 75% de los consumidores consideran que las limitaciones de autonomía de los autos eléctricos son entre algo desventajoso a una gran desventaja (IAC, 2007).</li> <li>• <u>La poca accesibilidad que existe en cuanto a las recargas</u>. Problema que se irá solucionando poco a poco, al suministrar los puntos de recarga por parte del país, con instalaciones que tienen un costo entre 10.000 y 20.000 USD (DNE/AECID/Ardanuy, 2014). Para ello quizás sea imprescindible que las estaciones de servicio puedan cambiar las baterías descargadas (total o parcialmente) por otras con carga de manera inmediata. De esta forma la empresa se interesaría por el nuevo negocio y el usuario se vería compensado al pagar por un servicio que le ahorraría mucho tiempo de espera.</li> <li>• Para el caso de la incorporación a la <u>flota de taxis</u>, se cuenta con el inconveniente adicional de las <u>dificultades para la re venta del vehículo</u>. Idealmente un vehículo se utiliza como taxi 3 años y luego se vende a un particular, ya que otro taxista usualmente compra un vehículo nuevo. En el caso de un vehículo eléctrico, como se ha explicado, no existe un mercado claro para la venta a particulares, por lo que el dueño del taxi se encuentra ante este importante impedimento.</li> </ul>
Reducción de emisiones de GEI	<p>A efectos de disponer de una estimación preliminar del impacto potencial de esta medida, se adoptaron como referencia los resultados disponibles a nivel nacional (World Bank, 2014). En base a estos antecedentes, se estima que la incorporación de estas tecnologías permitiría obtener una reducción de <b>2531 ktonCO<sub>2</sub>eq</b> acumuladas en el período 2014-2035. Estos resultados se basan en el supuesto de que al final del período los vehículos híbridos representan el 15% del parque vehicular privado y un 7% en el caso de los vehículos eléctricos.</p>

<b>Impacto de la tecnología propuesta en las prioridades de desarrollo del país.</b>	
Impacto social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de puestos de trabajos calificados para el mantenimiento y reparación de los vehículos eléctricos/híbridos.</li> <li>• Generación de puestos de trabajo en la generación de la infraestructura de recarga (adaptación de estaciones de servicio).</li> <li>• Posibles afectaciones negativas de la transferencia de fondos públicos hacia políticas de promoción (renuncias impositivas, subsidios, etc.).</li> <li>• Mejora de seguridad vial asociado a la reducción en el número de accidentes (la potencia distribuida a nivel de cada rueda, para el caso de los vehículos eléctricos mejora la estabilidad del vehículo).</li> </ul>
Impacto Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción del consumo de combustibles fósiles importados y mejora de la balanza de pagos y el balance de divisas.</li> <li>• Reducción de la dependencia energética y menor exposición frente a la volatilidad del precio internacional del petróleo.</li> <li>• Mejora del factor de carga de la red eléctrica como resultado del aprovechamiento de la energía eléctrica generada en las horas fuera del horario de punta del sistema.</li> </ul>
Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de las emisiones de GEI del país, mejorando su situación ante compromisos que ratifique el país ante la CMNUCC, etc.</li> <li>• Reducción de la contaminación atmosférica con otros contaminantes derivados de la combustión de combustibles fósiles diferentes de los GEI.</li> <li>• Reducción de la contaminación local.</li> <li>• Reducción de la contaminación acústica.</li> </ul>
<b>Costos</b>	
Costos de Capital	Si bien como se ha dicho no existe un mercado para los vehículos eléctricos en Uruguay, grosso modo, puede decirse que en Europa un coche eléctrico cuesta aproximadamente el doble que uno convencional con las mismas prestaciones. Las tendencias del mercado entonces apuntan a los coches híbridos. Según Toyota España (Toyota España, 2016) el último modelo híbrido del Toyota Prius cuesta 23.875 Euros, en comparación con el modelo Think City con un valor de 30.114 Euros. Igualmente el coste de los vehículos híbridos

	sigue siendo prohibitivo para la mayoría de la población de los países en desarrollo.
Costos de operación y mantenimiento:	Aunque no hay experiencia generada a nivel nacional, para el caso de España Toyota explica que el costos de mantenimiento de los vehículos híbridos es de aproximadamente la mitad que el de un coche diesel con las mismas prestaciones (Autodescuento S.L., 2015). Esto radica en que los sistemas híbridos prescinden de algunos elementos. Por ejemplo, los full-hybrid (los modelos que combinan gasolina y motor eléctrico), no tienen embrague, alternador, motor de arranque y la correa de distribución. Además, permiten un menor desgaste del sistema de frenos por la recuperación de la energía que realiza el coche para el motor eléctrico. Hay que tener en cuenta, además, que el motor eléctrico es prácticamente irrompible y puede llegar a durar hasta unos 500.000 km y la batería, por su parte, dura entre 8 y 10 años (es más duradera en climas cálidos).
Costo de reducción de GEI	En base a los antecedentes indicados anteriormente (World Bank, 2014), se consideró un costo económico de reducción de emisiones de GEI de <b>395 USD/ton.CO<sub>2</sub>eq evitada</b> .

## Hoja Informativa Tecnológica

<b>Nombre de la Tecnología</b> <b>SELECCIONADA</b>	<b>A2-6. Generación eléctrica undimotriz</b>
Emisiones de GEI del subsector	<p>Según lo consignado en la Contribución Prevista Nacionalmente Determinada por Uruguay, así como la producción de carne vacuna es la actividad que emite más CH<sub>4</sub> (78%), el sector energía (incluyendo transporte) es el sector que más emite CO<sub>2</sub> (94%). Según el perfil de emisiones de Uruguay del INGEI 2010 (MVOTMA - SNRCC, 2015), después del sector transporte, responsable del 48% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el sub-sector de las industrias de generación de energía ocupan el segundo lugar con el 19% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> del país en 2010.</p> <p>Gracias a la transformación estructural en curso de la matriz de generación eléctrica, Uruguay alcanzará en 2017 un 88% de reducción de sus emisiones absolutas en este subsector en relación al promedio anual del período 2005-2009, con un consumo mayor. En 2017, las emisiones del sistema de generación eléctrica nacional alcanzarán a 17 gCO<sub>2</sub>/kWh. Esto se alcanzará con 40% de energías renovables no convencionales (fundamentalmente eólica, pero también fotovoltaica y mediante uso de residuos de biomasa), sumado a un 55% de fuente hidráulica (asumiendo un año de lluvias medias). Si bien este número se incrementaría en las próximas décadas por haberse alcanzado el límite de complementación eólico-hidráulico, podría permanecer en valores cercanos a los del 2017. En este contexto a mediano plazo, donde la complementación de eólico-hidráulica haya agotado su aportación, se vislumbra claramente la importancia que tendrán los aportes a la generación que provengan de fuentes renovables no tradicionales, como ser por ejemplo la energía undimotriz.</p>
Antecedentes/notas. Descripción breve de la opción tecnológica	<p>En el caso del sector energía e industria, las energías renovables fueron las que obtuvieron el mayor puntaje en los talleres nacionales interinstitucionales realizados según la metodología de ENT propuesta por el PNUD. La priorización del sub-sector energías renovables fue refrendada en las reuniones posteriores mantenidas con los co-coordinadores del MIEM y MVOTMA, donde también participaron los directores del Área de Energías Renovables y del Área de Demanda, Acceso y Eficiencia Energética. En relación a cuál o cuáles energías renovables debían ser priorizadas, un primer criterio considerado por la DNE es dirigir los recursos hacia las energías renovables no tradicionales que requieren más investigación y desarrollo, alineado con uno de los objetivos (Nº9) de la Política Energética Uruguay 2003.</p> <p>Existen diferentes formas de obtener energía eléctrica del mar (EC, 2012). Entre las más estudiadas se encuentran la energía mareomotriz</p>

(aprovechar las subas y bajas de marea para turbinar las aguas a partir de muros de contención construidos en el mar), la undimotriz (la contenida en la energía cinética de las olas), la energía osmótica (aprovechando el gradiente salino en el mar a diferentes profundidades) y la energía térmica (aprovechando el gradiente térmico del mar a diferentes profundidades). Estas dos últimas están en una etapa experimental, claramente pre comercial, por lo que no se incluirán en este análisis y por otro lado no existen potenciales mareomotrices comercialmente aprovechables en Uruguay, por lo que el estudio se basará en la generación undimotriz, para la cual si hay muy buena potencialidad de explotación.

Según un informe elaborado por IRENA en el 2014 (IRENA, 2014) sobre energía undimotriz, existen diversas opciones tecnológicas para fabricar convertidores de energía que capturan la energía contenida en las olas del mar y que son utilizados para generar electricidad.

Existen 3 categorías principales:

- columnas de agua oscilante que utilizan bolsas de aire atrapadas en una columna de agua para accionar una turbina;
- convertidores cuerpo oscilante, que son dispositivos sumergidos utilizando el movimiento de las olas (tanto de arriba hacia abajo, flotantes o también movimientos de adelante hacia atrás, o de lado a lado) para generar electricidad; y
- convertidores de desbordamiento que generan un reservorio de agua que luego es utilizado para mover una turbina.

Adicionalmente cada categoría se puede subdividir de acuerdo a las tecnologías utilizadas para convertir la energía de las olas en energía neumática-mecánica (rotación-translación), sus sistemas de generación (turbinas de aire, turbinas hidráulicas, motores hidráulicos), los tipos de estructuras (fijas, flotantes, sumergidas), y su posicionamiento dentro del mar (costa, cerca de la costa, lejos de la costa).

Existen más de 100 proyectos piloto y de demostración en todo el mundo, pero sólo un puñado de tecnologías que están cerca de la comercialización. El próximo paso en el camino a la comercialización es la demostración comercial en parques undimotrices en el rango de 10 megavatios (MW).

Los resultados de una Tesis de Maestría (Alonso Hauser, 2012) del año 2012 realizada en el Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) de la Facultad de Ingeniería (UdelaR), llevan a la conclusión de que en la costa oceánica de Uruguay existen condiciones naturales favorables para la generación: "...a profundidades en el entorno de los 20 metros y a lo largo de los 200 km de costa atlántica, la energía media anual del oleaje es de 19,3 TWh y una potencia media de 2.2 GW. Este valor duplica el actual consumo anual de energía eléctrica del país..." Esta estimación se realizó mediante la modelación matemática de los datos meteorológicos de campos de vientos a 10 m sobre el nivel del mar y su conversión a energía de las olas durante el período 1980-2010.

	Adicionalmente, la tesis menciona la ventaja adicional de tener centros de consumo cerca de los lugares de generación, como ser las ciudades de La Paloma o Rocha.
Supuestos de aplicación. Cómo se implementará la tecnología	Según el equipo investigador del IMFIA, existen muchas opciones tecnológicas pasibles de ser utilizadas en Uruguay, pero deben atenderse las restricciones que impongan los costos de operación y mantenimiento de las distintas opciones, así como la robustez de las tecnologías disponibles. El IMFIA también cuenta con instalaciones para trabajos a escala 1:30 y 1:10 y ya tiene proyectado el escalado de las experiencias con energía undimotriz, aunque no cuenta con los recursos para llevarlo a escala real, por lo que el proyecto ENT podría ser una vía para sustentarlo.
Barreras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca experiencia a nivel internacional sobre aplicaciones comerciales de la tecnología, nulas a nivel nacional, lo que implica un relativamente alto riesgo económico-financiero de las inversiones en la materia y también un alto costo de aprendizaje de las experiencias que pudieran realizarse a escala real.</li> <li>• Los potenciales undimotrices más interesantes para Uruguay se dan en la costa oceánica, y según informó el equipo investigador, se realizó un análisis preliminar para instalaciones de captación de energía undimotriz en la escollera del Puerto de la Paloma (la única escollera puramente oceánica con que cuenta Uruguay), pero la orientación de la escollera en relación de la dirección del oleaje predominante no era el más adecuada para el tipo de dispositivo con que cuenta el IMFIA (del tipo “terminador”, que debe estar frontal a la ola), por lo que una instalación en esa escollera tendería a subestimar el potencial de un proyecto demostrativo que fuere instalado en ese lugar con dicha tecnología.</li> <li>• Por lo dicho en el punto anterior, la rentabilidad de un emprendimiento undimotriz estaría atada a compartir costos con otras actividades marítimas como ser la prospección de petróleo, posibles instalaciones eólicas off-shore, etc.</li> </ul>
Reducción de emisiones de GEI	En función de las limitaciones de información, a efectos de disponer de una aproximación general al potencial de reducción de emisiones asociado a la incorporación de esta tecnología, se consideró el impacto a la sustitución de generación térmica. De acuerdo a la información aportada por la DNE, en un horizonte de mediano plazo la introducción de esta tecnología permitiría remplazar la generación de centrales térmicas de ciclo combinado a gas natural. Por lo tanto, a efectos del cálculo, en función de las consideraciones expuestas anteriormente y las perspectivas de desarrollo de esta tecnología, se asumió un potencial efectivo de generación undimotriz equivalente a la generación anual de una central de ciclo combinado de 180 MW. Para el cálculo de la reducción de emisiones (emisiones evitadas) se consideró un factor de emisiones de 0.337 tCO <sub>2</sub> eq/MWh correspondiente a una central de ciclo combinado a gas natural, también a partir de los datos proporcionados por la DNE. En base a estas consideraciones, se estima que la incorporación de esta tecnología permitiría reducir 318.4 miles de tCO <sub>2</sub> eq anuales por sustitución de la central de ciclo combinado.

<b>Impacto de la tecnología propuesta en las prioridades de desarrollo del país.</b>	
Impacto social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radicación de población que de otra forma migraría estacionalmente luego de la corta temporada turística de la zona costera.</li> <li>• Mejoramiento de la imagen turística, ya que algunos balnearios cercanos al emprendimiento podrían abastecerse de energía en su totalidad de las fuentes undimotrices, pudiendo ser declarados carbono neutral.</li> </ul>
Impacto Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la matriz de generación eléctrica con fuentes renovables y de esta forma reducción de la dependencia de la importación de energéticos de origen fósil, con el mejoramiento consecuente de la balanza comercial del país.</li> <li>• Reducción del costo de generación de la energía eléctrica.</li> <li>• Generación de empleo y capacitación especializada en tecnologías prácticamente desconocidas en el país.</li> </ul>
Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizaje en una tecnología que tiene la potencialidad de auto abastecer todo el consumo eléctrico nacional.</li> <li>• Reducción de la huella de carbono energética del país y consecuente mejoramiento de la situación nacional en cuando a posibles compromisos de reducción internacional que surgieran de futuras negociaciones en el marco del CMNUCC.</li> </ul>
<b>Costos</b>	
Costos de Capital	Según el informe de IRENA, las proyecciones de costos a nivel comercial para este tamaño de emprendimiento son limitadas debido a la mencionada poca experiencia en la materia. No obstante, se estima que para una central de 10 MW está en el rango de 330 a 630 euros por megavatio-hora. Sin embargo, existe un margen considerable para el desarrollo de las economías de escala y aprendizaje, por lo que en el año 2030 se estima que estos costos podrían reducirse a 113-226 euros/MWh, si se consigue llegar a una cifra de generación de 2 GW.
Costos de operación y mantenimiento:	Los costos de O&M fluctúan fuertemente en función del tipo de tecnología instalada y las características del emplazamiento. Por lo tanto, no sería realista estimar un costo en el estado de estudio actual de esta tecnología para Uruguay. De todas formas, el informe de IRENA recomienda explorar las sinergias con otras industrias en alta mar, como el petróleo, el gas y viento, para reducir los costos de instalación, operación, mantenimiento y amarre (que representan aproximadamente el 40% de los costos de la inversión inicial). Según el IPCC (Schlömer S., 2014) los costos (Tabla A.III.1) de operación y mantenimiento son (Min/Median/Max): fijos anuales 0/78/360 USD <sub>2010</sub> /kW y variables 0/0.16/20 USD <sub>2010</sub> /MWh

Costo de reducción de GEI	En el estado actual de conocimiento de la tecnología en el país y los antecedentes disponibles, no resulta posible realizar una estimación del costo económico de reducción de emisiones de GEI asociado a la incorporación de esta tecnología.
---------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Hoja Informativa Tecnológica

<p><b>Nombre de la Tecnología</b></p>	<p><b>A2-7. Utilización de la energía solar de concentración para la generación de energía eléctrica en Uruguay.</b></p>
<p>Emisiones de GEI del subsector</p>	<p>Según lo consignado en la Contribución Prevista Nacionalmente Determinada por Uruguay, así como la producción de carne vacuna es la actividad que emite más CH<sub>4</sub> (78%), el sector energía (incluyendo transporte) es el sector que más emite CO<sub>2</sub> (94%). Según el perfil de emisiones de Uruguay del INGEI 2010 (MVOTMA - SNRCC, 2015), la generación de energía más los procesos industriales representan el 17,8% del total de emisiones GEI del Uruguay. Después del sector transporte, responsable del 48% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el subsector de las industrias de generación de energía ocupan el segundo lugar con el 19% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> del país en 2010.</p>
<p>Antecedentes/notas. Descripción breve de la opción tecnológica</p>	<p>La energía termosolar de concentración, (también conocida como CSP, del inglés: <i>Concentrated Solar Power</i>), es un tipo de energía solar térmica que utiliza espejos o lentes para concentrar una gran cantidad de luz solar sobre una superficie pequeña. La energía eléctrica es producida cuando la luz concentrada es convertida en calor, que impulsa un motor térmico, usualmente una turbina de vapor, conectado a un generador de electricidad.</p> <p>En el mundo, el mercado de la CSP es uno de los menos consolidados dentro de las energías renovables. No obstante, en la última década, el sector continuó su fuerte crecimiento con un aumento de la capacidad total en un 27% (4,4 GW total a nivel global). Aunque las plantas cilindro-parabólicas continuaron representando la mayor parte de la capacidad existente, el 2014 fue un año notable por la diversificación de las tecnologías en operación. Con tres plantas cilíndrico parabólicas de 50 MW cada una y las primeras plantas comerciales con tecnología de torre de 11 y 20 MW en Sanlúcar La Mayor (Sevilla, Andalucía) son ejemplos que muestran el liderazgo de España en la materia (Abengoa, 2014). Sin embargo, en 2014 sólo Estados Unidos y la India pusieron en funcionamiento nuevas centrales de energía CSP, y en diversas regiones como Marruecos o Sudáfrica se continúan tareas de planificación y construcción. A un nivel menor que para el caso de la energía solar fotovoltaica, los avances tecnológicos están haciendo bajar los costos de fabricación e instalación.</p> <p>Si bien aún no existen plantas de CSP en Uruguay, según un informe sobre potencial de las energías renovables publicado para Uruguay (Uruguay XXI, 2014). La irradiación global diaria sobre plano horizontal promedio anual sobre el territorio uruguayo es de 4,4 kWh/m<sup>2</sup> (energía equivalente aproximadamente a la mitad de la energía eléctrica consumida por día en una familia tipo en Uruguay). Las variaciones estacionales grandes, con valores mínimos de 2 kWh/m<sup>2</sup> en invierno y valores de 7 kWh/m<sup>2</sup> en verano. La</p>

	<p>variación territorial es menor a la estacional, debido a la relativa uniformidad geográfica de nuestro territorio. Por ejemplo, las medias anuales muestran un mínimo en Rocha (4,47kWh/m<sup>2</sup>) y un máximo (4,81kWh/m<sup>2</sup>) en la zona Norte (Artigas). Las zonas con mayor índice de radiación solar son básicamente los departamentos de Paysandú, Salto y Artigas.</p> <p>En relación a cuál o cuáles energías renovables debían ser priorizadas, un primer criterio considerado por la Dirección Nacional de Energía (DNE) es dirigir los recursos hacia las energías renovables no tradicionales que requieren más investigación y desarrollo, alineado con uno de los objetivos (N°9) de la Política Energética Uruguay 2003. En este contexto, se ha ordenado en tres horizontes de tiempo para los cuales se espera poder obtener el financiamiento para los proyectos propuestos en el marco del ENT. La DNE visualiza el abordaje nacional de energías renovables no tradicionales en tres horizontes temporales, donde en el más inmediato se consideran las fuentes: Geotérmica, Undimotriz y Térmica solar concentrada.</p> <p>Para el caso de esta última, La DNE ha finalizado recientemente una consultoría internacional en CSP con los objetivos de evaluar tanto los beneficios desde el punto de vista energético y económico, como las dificultades o inconvenientes que pueden presentarse en este tipo de instalaciones, además de brindar elementos para analizar el impulso de su desarrollo del mercado nacional (DNE, 2014). En esta consultoría se presentan algunos estudios de caso que se han presentado para el caso de Uruguay asimilables a proyectos ya existentes en el mundo. A nivel mundial la mayor experiencia real en plantas de generación, para el caso de la tecnología de los colectores cilindro-parabólicos es para plantas de 55 MWh y para el caso de las tecnologías de receptor central de 110 MWh. Los autores de dicha consultoría recomiendan estos tamaños de centrales de generación, pues es donde hay más experiencias registradas y por lo tanto la financiación de los mismos puede ser realizada en una forma más exitosa.</p>
Supuestos de aplicación. Cómo se implementará la tecnología	<p>Para el caso de la tecnología de los colectores cilíndrico-parabólicos se estudiaron 5 casos que contenían desde 96 a 190 lazos colectores, empleando dimensiones características de colectores y heliostatos comerciales, siguiendo los criterios de dimensionado de campos solares típicamente empleados en la industria termosolar. Esto permitiría un almacenamiento térmico (permite a la central seguir generando con el calor residual, sin la incidencia de la luz solar) entre de 0 a 7.5 horas. Para el caso de la tecnología de receptor solar se estudiaron otros 5 casos que incluían de 17.222 a 21.779 heliostatos, lo que permitía un almacenamiento térmico entre 5 a 10 horas.</p>
Barreras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Sitio de localización</u>: Los sitios potenciales de este tipo de planta de CSP requieren, entre otras características: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Suficiente superficie de costos aceptables y próximos a una línea de transmisión eléctrica. Aquí se presenta una limitante, pues Uruguay no tiene áreas desérticas y como toda la superficie es aprovechable sus costos pueden ser muy elevados para este tipo de uso. Según la consultoría antedicha, una planta de 100 MW necesitaría una superficie total de 480 ha, y a un precio promedio de 2500 USD/ha, se estaría necesitando una inversión de aproximadamente 10 M de USD solamente para</li> </ul> </li> </ul>

	<p>comprar el terreno. Por otra parte, las líneas de alta tensión se encuentran más concentradas en las zonas sub urbanas donde este problema se agrava aún más, y la distancia a la línea de alta tensión no puede ser mayor a 10 Km para reducir los costos de tendido eléctrico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Zonas de buena insolación todo el año: el Uruguay cuenta con estas áreas en las zona Norte del país, pero los costos de la tierra más bajos son en suelos de sierra, que aunque marginalmente aptos para la ganadería, tampoco son útiles para algunos tipos de tecnologías por su insolación variable y las altas pendientes en estas zonas. La pendiente máxima admisible es de 1%, aunque Uruguay es un país relativamente plano, la situación topográfica general es de penillanura, o sea que las pendientes promedio raramente son menores al 3%. En la zona Este del país, se podrían conseguir esas pendientes planas, pero el costo de la tierra (zona arroceras) haría muy costosa la inversión en tierra, además de que son suelos potencialmente inundables.</li> <li>○ Se necesitan zonas con fácil acceso a combustibles fósiles para poder operar en el modo híbrido. Para el caso de Uruguay esto puede encarecer la operación (transporte por camiones del fuel oil) y de inversión (construcción de tanques de almacenamiento dentro del predio de la CSP).</li> <li>○ Para una planta de generación de 100 MW con enfriamiento por agua, se necesitan 1.200 Mm<sup>3</sup> de agua anuales y para una de enfriamiento por aero-condensadores se necesitan 230.000 m<sup>3</sup> de agua por año. Por tema de costos la fuente de agua no puede estar a más de 5 Km de la planta de generación. Sin embargo las plantas de refrigeración seca son menos eficientes que las húmedas.</li> </ul>
Reducción de emisiones de GEI	<p>A efectos de disponer de una aproximación al potencial de reducción de emisiones asociado a la incorporación de energía solar a la matriz eléctrica, se consideró como referencia la estimación realizada en el marco del estudio Low Emissions Growth Options for Uruguay: Towards a Sustainable Low-Carbon Economy (World Bank, 2014). En base a estos resultados, y en el supuesto de incorporación de una central de generación solar de concentración de 110 MW de capacidad, el potencial de reducción de emisiones asociado a la incorporación de esta tecnología sería de <b>1814 kton CO<sub>2</sub>eq</b> acumulados en el período 2005-2035.</p>
<p><b>Impacto de la tecnología propuesta en las prioridades de desarrollo del país.</b></p>	
Impacto social	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Generación de puestos de trabajos calificados en zonas muy deprimidas socio-económicamente (norte del país).</li> <li>● Reducción de los flujos migratorios de los pobladores rurales hacia los cinturones de pobreza de las ciudades.</li> </ul>

Impacto Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustitución parcial de combustibles fósiles importados para la generación de energía eléctrica.</li> <li>• Reducción de la dependencia energética y mejora de la balanza de pagos.</li> <li>• Reducción del costo de generación de la energía eléctrica.</li> <li>• Estímulo a la producción industrial nacional y de servicios involucrados con esta nueva tecnología.</li> </ul>
Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema de enfriamiento usualmente requiere de cuerpo de agua para abastecer el ciclo de enfriado y donde poder verter el agua caliente. Si bien se opera en circuito cerrado y no se espera el vertimiento de contaminantes en los cursos, la contaminación térmica puede ser no despreciable dependiendo del tamaño del cuerpo de agua receptor. Este impacto se podría evitar si se opta por un sistema de enfriamiento por aire.</li> <li>• Puede haber afectación a la avifauna en las zonas de concentración solar, puesto que algunas de ellas son invisibles desde el aire.</li> <li>• Posibles impactos paisajísticos, dependiendo de las cuencas visuales afectadas por la central.</li> <li>• Reducción de las emisiones de GEI asociadas a la sustitución de generación térmica a partir de combustibles fósiles.</li> </ul>
<b>Costos</b>	
Costos de Capital	<p>Dentro de la consultoría mencionada se realizó un estudio de pre factibilidad económico-financiera para distintas tecnologías solar de concentración y tamaño de central (55 MW y 110 MW). De acuerdo a este estudio, el costo de capital de una CSP se ubicaría en un rango de 2500-4500 USD/kW dependiendo del tamaño de la central y la tecnología de concentración utilizada. Para cada una de estas opciones se estimó un costo de generación eléctrica que se ubica en un rango de 182 a 241 Euros/MWh en el caso de una central cilíndrico parabólica de 55 MW, y de 142 a 164 Euros/MWh en el caso de una planta de generación con receptor central de 110 MW. Por lo tanto, estos costos de generación no resultan competitivos si se los compara con los proyectos de generación a partir de energías renovables impulsados en el país en los últimos años, en particular con el costo de generación eólica (65 USD/MWh). En este escenario de costos, no sería esperable el desarrollo de esta tecnología en tanto exista un potencial disponible de fuentes renovables más competitivas. No obstante, si se comparan estos valores con los <i>benchmarks</i> internacionales, se observa que la producción eléctrica con este tipo de tecnología es razonablemente competitiva. Por otra parte, el desarrollo tecnológico que ha experimentado la energía solar de concentración en los últimos años permite prever que en los próximos años el costo de generación podría ubicarse en un valor de 100 a 130 euros/MWh.</p>
Costos de operación y	De acuerdo a los resultados del estudio de pre factibilidad citado anteriormente (DNE, 2014) el costo de O&M de un CSP se ubicaría en

mantenimiento:	un rango del 2 al 5% del costo de inversión.
Costo de reducción de GEI	Al no vislumbrarse ningún proyecto concreto para nuestro país, no es posible realizar este cálculo en las condiciones actuales.

## Hoja Informativa Tecnológica

<p><b>Nombre de la Tecnología</b></p>	<p><b>A2-8. Generación de energía eléctrica a partir de fuentes geotérmicas.</b></p>
<p>Emisiones de GEI del subsector</p>	<p>Según lo consignado en la Contribución Prevista Nacionalmente Determinada por Uruguay, así como la producción de carne vacuna es la actividad que emite más CH<sub>4</sub> (78%), el sector energía (incluyendo transporte) es el sector que más emite CO<sub>2</sub> (94%). Según el perfil de emisiones de Uruguay del INGEI 2010 (MVOTMA - SNRCC, 2015), la generación de energía más los procesos industriales representa el 17,8% del total de emisiones GEI del Uruguay. Después del sector transporte, responsable del 48% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el subsector de las industrias de generación de energía ocupan el segundo lugar con el 19% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> del país en 2010.</p>
<p>Antecedentes/notas. Descripción breve de la opción tecnológica</p>	<p>Como energía geotérmica se define el calor almacenado en el interior del planeta Tierra que es creado por fuentes geológicas. Este calor a su vez es el motor último de diversos fenómenos geológicos como el magmatismo y tectónica de placas. Por debajo de los primeros metros de suelo y roca —sensibles a las fluctuaciones de la temperatura atmosférica— la temperatura de la corteza terrestre aumenta a medida que se incrementa la profundidad desde la superficie. Esto se debe al lento enfriamiento del manto y núcleo terrestre desde la acreción planetaria, combinado con el aislamiento térmico producido por la corteza terrestre (Stacey &amp; Loper, 1988).</p> <p>En América Latina y el Caribe, existen distintos regímenes de ayuda técnica y financiera bilaterales y regionales para el desarrollo de la energía geotérmica. Existen ejemplos que incluyen la iniciativa regional de la GIZ para Centroamérica, el proyecto de creación de capacidad el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Fondo Nórdico (FDN), el apoyo bilateral de Islandia en Nicaragua y la Iniciativa Geotérmica Andes de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) (Sander, 2015). En este Artículo se mencionan además diferentes potenciales de generación dependiendo de la temperatura y la profundidad de las aguas termales para el caso de Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú.</p> <p>Si bien hace décadas en Uruguay se viene utilizando la energía geotérmica con fines recreativos y turísticos en forma de baños termales en el norte del país, poco se ha investigado sobre el potencial geotérmico nacional para la generación de energía eléctrica.</p> <p>En un reciente artículo científico publicado en la revista de la Sociedad Uruguaya de Geología (Cernuschi, 2014) se afirma que la energía geotérmica es una promisorio fuente energética renovable por su baja a nula emisión de CO<sub>2</sub> y por la estabilidad de su producción.</p> <p>En Uruguay, si bien los gradientes geotérmicos elevados de alta entalpía y temperatura relacionados a magmatismo están extintos desde el Cretácico, de todas maneras existen las temperaturas y caudales necesarios para aprovechar económicamente la energía geotérmica. Éstos se encuentran en el noroeste del país en los departamentos de Paysandú, Salto y Artigas. Aquí el gradiente geotérmico promedio</p>

	estimado llega a 28.6 °C/km, lo que está relacionado al aislamiento térmico producido por basaltos Cretácicos que confinan y sobre presurizan acuíferos albergados en rocas sedimentarias Carboníferas a Jurásicas en la Cuenca Paraná.
Supuestos de aplicación. Cómo se implementará la tecnología	<p>Si bien hasta el momento no existen evaluaciones reales del potencial geotérmico para la producción de energía eléctrica en Uruguay, según este autor, existen en esta zona las siguientes posibilidades, en orden creciente de complejidad, para aprovechar la energía geotérmica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las aguas templadas y sobre presurizadas del Sistema Acuífero Guaraní (45 °C, &gt;1000 m) presentan un costo extractivo prácticamente nulo, y además del uso recreativo actual posibilitarían la calefacción doméstica o industrial (invernaderos) reduciendo el consumo de otras fuentes de energía y por tanto reduciendo indirectamente las emisiones de GEI de la cuota parte de esta energía generada a partir de la quema de combustibles fósiles.</li> <li>• Las aguas de los posibles acuíferos Carbonífero-Pérmicos infra yacentes, posiblemente sobre presurizados (<math>\leq 75</math> °C, 2300 m) permitirían generar energía eléctrica utilizando plantas binarias enfriadas por agua superficial. De constatarse la existencia de estos u otras rocas sedimentarias a mayor profundidad (<math>\leq 150</math> °C, 4500 m), se podrían explotar posibles acuíferos profundos o crear sistemas geotermales mejorados si no se encontrase agua subterránea. En estos casos, plantas binarias convencionales de mayor envergadura podrían impactar el consumo eléctrico nacional.</li> <li>• Por último, sería también posible la generación de energía eléctrica en plantas binarias a través de un sistema geotérmico mejorado en el basamento granítico a &gt;5.000 m de profundidad con el fin de encontrar temperaturas cercanas a los 200 °C, con la posibilidad entonces de generar cantidades significativas de energía para el país.</li> </ul>
Barreras	La principal barrera identificada y que limita el avance de tecnologías de generación geotérmicas para la producción de energía eléctrica en Uruguay es la falta de una evaluación del potencial del recurso en el país. La exploración petrolífera que se está realizando en estos momentos en el Norte del territorio nacional podría reducir los costos de dicha prospección. Al poderse aprovechar la presencia de dicha maquinaria sofisticada de perforación en el país, se podría abaratar grandemente el muestreo de dicho potencial geotérmico.
Reducción de emisiones de GEI	No existe un relevamiento del potencial a nivel nacional. No es posible hacer una estimación sin dicha información.
<b>Impacto de la tecnología propuesta en las prioridades de desarrollo del país.</b>	
Impacto social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de puestos de trabajos calificados en una de las zonas más socio-económicamente deprimidas del país (Noroeste del país)</li> <li>• Asentamiento de la población rural y aumento de la demanda de servicios en torno a la creación de una nueva industria energética.</li> </ul>

Impacto Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de energía renovable con sustitución de combustibles fósiles importados. Mayor independencia energética y mejoramiento de la balanza comercial.</li> <li>• Sinergias con otras actividades económicas pues en determinadas tecnologías el potencial geotérmico residual puede utilizarse para la industria turística (aguas termales) u otras (calentamiento de invernaderos hortícolas, calentamiento de establos para cría de animales confinados, etc.).</li> </ul>
Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de las emisiones de GEI del país, mejorando su situación ante compromisos que ratifique el país ante la CMNUCC, etc.</li> <li>• El mal uso de la tecnología puede atentar contra la sostenibilidad del recurso geotérmico, así como producir contaminación de acuíferos, etc.</li> </ul>
<b>Costos</b>	
Costos de Capital	No existe un relevamiento del potencial a nivel nacional, por lo que no es posible hacer una estimación local sin dicha información. A nivel internacional, el IPCC (Schlömer S., 2014) da como orientación el siguiente rango de costos de capital (excluyendo los intereses de construcción): Min/Median/Max = 1000/5000/10000 USD <sub>2010</sub> /kW.
Costos de operación y mantenimiento:	No existe un relevamiento del potencial a nivel nacional, por lo que no es posible hacer una estimación local sin dicha información. A nivel internacional, el IPCC (Schlömer S., 2014) da como orientación el siguiente rango de costos de operación y mantenimiento: Min/Median/Max = fijos anuales 0/0/150 USD <sub>2010</sub> /kW y variables 0/11/31 USD <sub>2010</sub> /MWh
Costo de reducción de GEI	No existe un relevamiento del potencial a nivel nacional. No es posible hacer una estimación sin dicha información.

## **ANEXO 2 –TALLERES INTERINSTITUCIONALES Y REUNIONES SECTORIALES**

17/9/2014 Primer Taller de Evaluación de Necesidades en Materia de Tecnología para el Cambio Climático (ENT, o TNA por sus siglas en inglés: Technology Needs Assessment). Establecimiento de la Metodología para priorizar subsectores.

28/10/2014 Segundo Taller de Evaluación de Necesidades en Materia de Tecnología para el Cambio Climático. Taller por Sectores para establecer las valoraciones de los subsectores seleccionados.

En la sección 3.1 se describe la metodología empleada en los talleres interinstitucionales y se listan los criterios ambientales, económicos, de desarrollo social y transversales empleados en dichos talleres para el análisis multi-criterio. A su vez, en la misma sección se indican los niveles de puntuación definidos en el taller, acordando que la ponderación entre los distintos criterios se fijaría, al menos inicialmente, igual para todos éstos en un valor de 1.

A continuación se presentan las tablas con los resultados de dicho ejercicio en las mesas de trabajo sectoriales del segundo taller, para los sectores que resultaron más relevantes en acciones de mitigación (agropecuario, transporte, energía y residuos). Cada tabla va acompañada con un gráfico de barras apiladas con los puntajes por criterio y sub-sector, para visualizar mejor las diferencias de puntajes entre éstos. Después de los sectores priorizados para mitigación, una tabla resume los tres sub-sectores mejor puntuados de cada sector, pero ahora incluyendo todos los sectores evaluados en el segundo taller, indicando si en cada sub-sector se visualizan medidas de mitigación y/o adaptación.

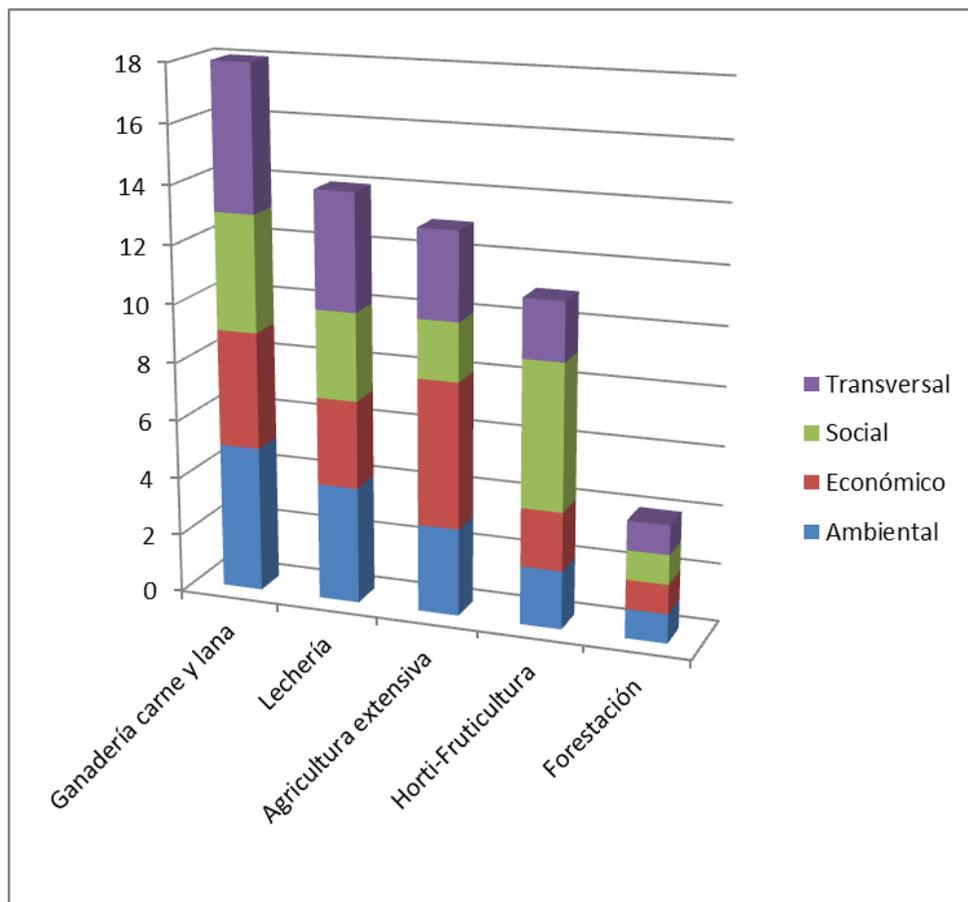
Al final del Anexo 2 se listan las instituciones y participantes por éstas.

## A2-1. Resultados detallados de los AMC en sectores seleccionados para ENT en mitigación del cambio climático.

Tabla A2-1: Resultados del AMC para el Sector Agropecuario

Sector	Subsector	Criterios de selección de subsectores				Mitigación	Adaptación	Observaciones	Puntaje
		Ambiental	Económico	Social	Transversal				
Agropecuario	Ganadería carne y lana	5	4	4	5	X	X	El MGAP ha priorizado el sub-sector ganaderos familiares en los lineamientos de políticas y ha destinado recursos a través de proyectos a dicho sector. Es un sector significativo en el Inventario Nacional de GEI. Existen tecnologías disponibles para disminuir emisiones de GEI.	18
	Lechería	4	3	3	4	X	X	Es un sub-sector que requiere líneas de investigación a nivel de sustentabilidad ambiental (suelos, agua, efluentes, residuos). Hay tecnología disponible para aplicar en el sector.	14
	Agricultura extensiva	3	5	2	3	X	X	Articula con los planes nacionales existentes (promoción del riego, planes de uso y manejo del suelo). Potencial de reducción de emisiones de N2O. Importancia de la necesidad de estudiar el agua para riego en condiciones de déficit hídrico.	13
	Horti-Fruticultura	2	2	5	2		X	Sub-sector importante desde el punto de vista social y de seguridad alimentaria. Las tecnologías disponibles son con énfasis en adaptación.	11
	Forestación	1	1	1	1	X		Margen de mejora desde el punto de vista de aplicación de nueva tecnología es reducido. Sub-sector con papel relevante en la mitigación del CC per se. No obstante, se considera importante la investigación vinculada con la demanda de agua a nivel de cuencas en situaciones de déficit hídrico.	4

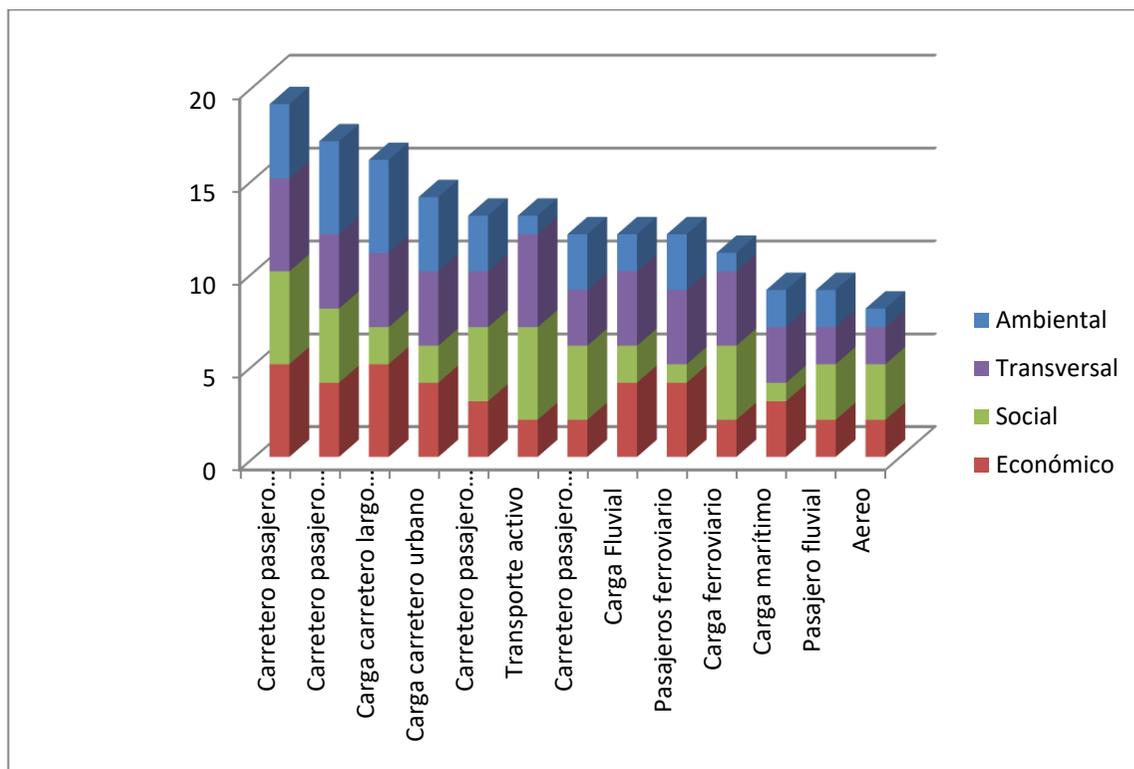
Figura A2-1: Gráfico de barras con resultados del AMC para el Sector Agropecuario



**Tabla A2-2: Resultados del AMC para el Sector Transporte**

		Criterios de selección de subsectores							
		Ponderación							
		Ambiental	Económico	Social	Transversal				
Sector	Subsector	1	1	1	1	Mitigación	Adaptación	Observaciones	Puntaje
Transporte	Carretero pasajero colectivo urbano	4	5	5	5				19
	Carretero pasajero vehicular particular	5	4	4	4				17
	Carga carretero largo alcance	5	5	2	4				16
	Carga carretero urbano	4	4	2	4				14
	Carretero pasajero colectivo larga distancia	3	3	4	3				13
	Carretero pasajero colectivo suburbano	3	2	4	3				12
	Transporte activo	1	2	5	5				13
	Pasajeros ferroviario	3	4	1	4				12
	Carga Fluvial	2	4	2	4				12
	Carga ferroviario	1	2	4	4				11
	Pasajero fluvial	2	2	3	2				9
	Carga marítimo	2	3	1	3				9
Aereo	1	2	3	2				8	

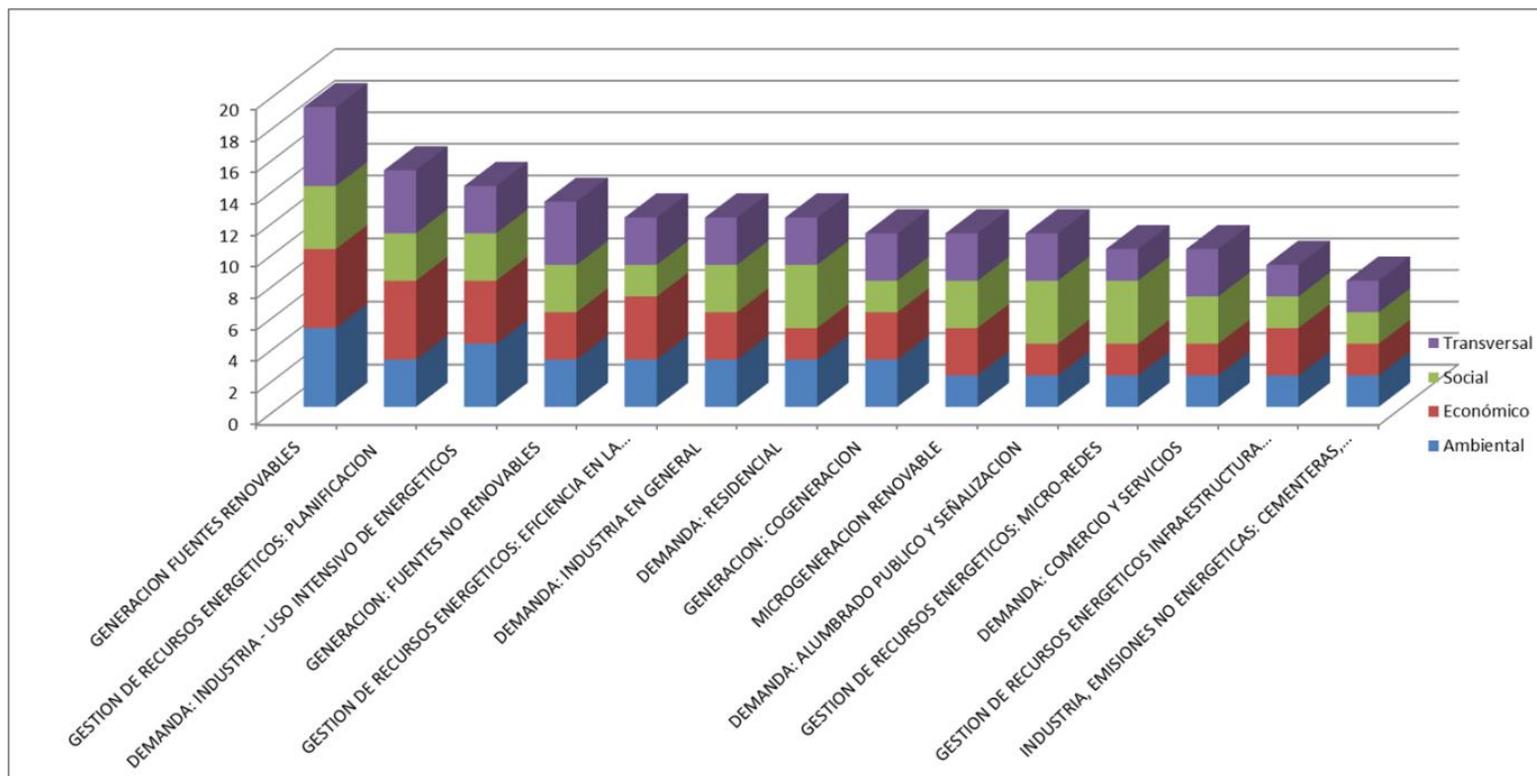
Figura A2-2: Gráfico de barras con resultados del AMC para el Sector Transporte



**Tabla A2-3: Resultados del AMC para el Sector Energía e Industria**

Sector	Subsector	Criterios de selección de subsectores				Mitigación	Adaptación	Observaciones	Puntaje
		Ambiental	Económico	Social	Transversal				
Energía e industria	GENERACION FUENTES RENOVABLES	5	5	4	5	X	X	Fuentes: Eolica, solar, biomasa, geotermia, undimotriz, ... Eficiencia	19
	DEMANDA: INDUSTRIA - USO INTENSIVO DE ENERGETICOS	4	4	3	3	X		eficiencia, equipamiento eficiente, fuel switch. -OSE -CEMENTERAS -IND. FRIGORIFICA, LACTEA, ALIMENTICIA EN GENERAL -SIDERURGICA, ELECTROQUIMICA, OTRAS	14
	GESTION DE RECURSOS ENERGETICOS: PLANIFICACION	3	5	3	4		X	vínculo con información climática, modelos, planificación	15
	GENERACION: FUENTES NO RENOVABLES	3	3	3	4	X		regasificadora, refineria, fuel switch, ciclo combinado, eficiencia	13
	DEMANDA: RESIDENCIAL	3	2	4	3	X		equipamiento eficiente, construcción	12
	DEMANDA: INDUSTRIA EN GENERAL	3	3	3	3	X		fuel switch, eficiencia	12

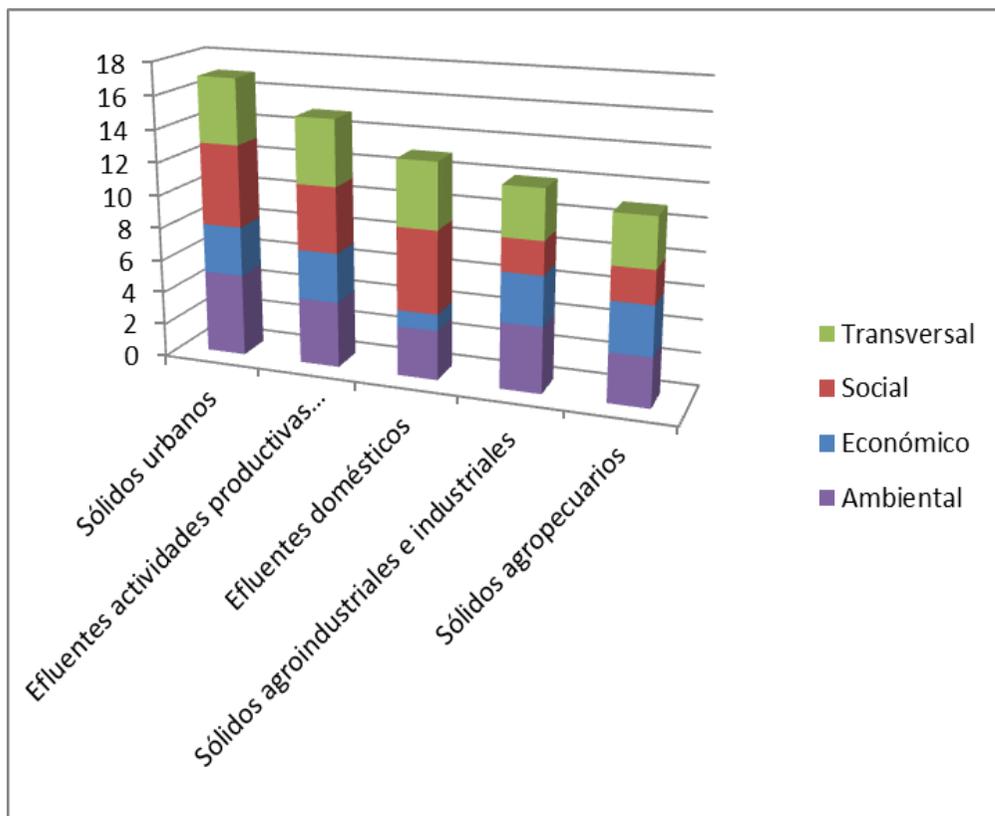
Figura A2-3: Gráfico de barras con resultados del AMC para el Sector Energía e Industria



**Tabla A2-4: Resultados del AMC para el Sector Residuos**

Sector	Subsector	Criterios de selección de subsectores				Mitigación	Adaptación	Observaciones	Puntaje
		Ambiental	Económico	Social	Transversal				
		1	1	1	1				
Residuos	Sólidos urbanos	5	3	5	4	x		Elevado volumen de residuos, potencial de reducción de GEI y aspectos sociales (clasificadores).	17
	Efluentes actividades productivas (industria, agroindustria y agro)	4	3	4	4	x		Protección recursos naturales y acceso al agua potable.	15
	Efluentes domésticos	3	1	5	4	x		Bienestar población, usos sustentable recursos naturales.	13
	Sólidos agroindustriales e industriales	4	3	2	3	x		Bajo volumen de residuos y potencial de reducción de GEI.	12
	Sólidos agropecuarios	3	3	2	3	x		Se generan en zonas con baja densidad de población.	11

Figura A2-4: Gráfico de barras con resultados del AMC para el Sector Residuos



**Tabla A2-5: Resumen de tres sub-sectores de cada sector con mayor puntaje de cada sector en AMC**

Sector	Subsectores	Descripción	Puntajes	Adaptación	Mitigación
Agropecuario	Ganadería de carne y lana	El MGAP ha priorizado el sub-sector ganaderos familiares en los lineamientos de políticas y ha destinado recursos a través de proyectos a dicho sector. Es un sector significativo en el Inventario Nacional de GEI. Existen tecnologías disponibles para disminuir emisiones de GEI.	18	x	x
	Lechería	Es un sub-sector que requiere líneas de investigación a nivel de sustentabilidad ambiental (suelos, agua, efluentes, residuos). Hay tecnología disponible para aplicar en el sector.	14	x	x
	Agricultura extensiva	Articula con los planes nacionales existentes (promoción del riego, planes de uso y manejo del suelo). Potencial de reducción de emisiones de N2O. Importancia de la necesidad de estudiar el agua para riego en condiciones de déficit hídrico.	13	x	x
Ecosistemas	Paisaje prod. Cultural	Conservación de BD y servicios en paisajes. Amenazas, impactos, oportunidades de asentamientos urbanos y productivos	18	x	x
	Servicios ecosistémicos	Poner en valor y evitar su disminución. Identificar, evaluar, valorar, conservar, recuperar, optimizar, disminución, difundir.	17	x	x
	Ecosistemas costeros	interiores y y frente marítimo y estuario. Recuperación y conservación ecosistemas costeros	17	x	
Energía e Industria	Generación de Fuentes Renovables	Fuentes: Eólica, solar, biomasa, geotermia, undimotriz. Eficiencia	19	x	x
	Gestión de recursos energéticos: Planificación	vinculo con información climática, modelos, planificación	15	x	
	Demanda: Industria - Uso intensivo de energéticos	Eficiencia, equipamiento eficiente, fuel switch. -OSE, -CEMENTERAS, -IND. FRIGORIFICA, LACTEA, ALIMENTICIA EN GENERAL, -SIDERURGICA, ELECTROQUIMICA, OTRAS	14		x
Hábitat urbano y salud	Áreas de riesgo para localización humana	Viviendas e infraestructura. Viviendas expuestas a inundaciones, a derrumbes, voladuras de techo	18	x	
	población vulnerable a eventos extremos	Olas de frío, olas de calor, inundaciones y sequías. Obtener con meteorología datos sobre la aproximación de eventos climáticos extremos de manera de alertar a la población. Ejemplo: en un invierno de los más frío de los últimos 30 años la mortalidad infantil aumentó un punto: no se habría dado de alta a niños recién nacidos de bajos recursos sin forma de sobrellevar esos fríos tan intensos. De esa manera se podría haber evitado ese aumento en la mortalidad.	14	x	
	pluviales	Adecuar a las nuevas estadísticas la evacuación de pluviales en la ciudad. Vinculado a sector recursos hídricos.	13	x	
Recursos Hídricos	Gestión de sequías	Aprovisionamiento doméstico durante sequías; Tratamiento doméstico de aguas y almacenamiento seguro; Mantenimiento y construcción de fuentes de agua; Cosecha de agua; Reutilización. diferentes opciones de aprovechamiento, sistema de riego	18	x	
	Calidad de aguas superficiales y subterráneas	Sistemas de alerta temprana, automatización de sistemas de monitoreo, generar información nacional sobre coeficientes de exportación p evaluaara contaminación difusa, sistemas de tratamiento de depuración de efluentes y aguas residuales (terciarios) y potabilización, viabilidad, adecuación y acceso a tecnologías	18	x	x
	Disponibilidad y accesibilidad de recursos hídricos	Manejo de pérdidas en tuberías; Mantenimiento y construcción de fuentes de agua; Cosecha de agua; Reutilización. Diseño de obras para aprovechamiento del recurso agua incorporando variable CC	17	x	
Residuos	Sólidos urbanos	Elevado volumen de residuos, potencial de reducción de GEI y aspectos sociales (clasificadores).	17		x
	Efluentes actividades productivas (industria, agroindustria y agro)	Protección recursos naturales y acceso al agua potable	15		x
	Efluentes domésticos	Bienestar población, usos sustentable recursos naturales.	13		x
Transporte	Carretero pasajero colectivo urbano		19		x
	Carretero pasajero vehicular particular		17		x
	Carga carretero largo alcance		16		x

**Tabla A2-6: Listado de Participantes de Talleres Interinstitucionales**

<b>Nombre</b>	<b>Institución</b>
	<b>MVOTMA División de Cambio Climático (DCC)</b>
Jorge Rucks	Director DINAMA
Luis Santos	DCC
Jorge Castro	DCC
Carla Zilli	DCC
Mariana Kasprzyk	DCC
Gabriela Pignataro	DCC
Paola Visca	DCC
Cecilia Penengo	DCC
Inti Carro	DCC
	<b>Energía</b>
Beatriz Olivet	Co-Coordinadora
Marcelo González	UTE
Ing. Ruben Tomasco	ESCOs
Magdalena Iturria	ANCAP
Julio Yarza	Mesa Solar
Fernando Fontana	UTE
	<b>Transporte</b>
Martín Hansz	Co-Coordinador
Ricardo Mosquera	AFE
Ing. Susana Galli	DNV
Gastón Soler	INALOG
Rosario Rodríguez	ANCAP
Martin Tanco	Universidad de Montevideo
Gonzalo Márquez	Depto de Movilidad (IMM)
	<b>Recursos Hídricos</b>
Diana Miguez	LATU
Viveka Sabaj	Dinagua
Isabel Bortagaray	SARAS
Pablo Forcheri	Gerencia de AGUA POTABLE-OSE
	<b>Ecosistemas Terrestres y Costeros</b>
Guillermo Scarlato	SNAP
Ethel Badin	IMC
Leonardo Seijo	OPP
Bruno Guigou	Ecoplata/MVOTMA
Virginia Fernández	MVOTMA/Sist. Información
Alicia Aguerre	Biodiversidad
Ing. Agr. Forestal Juan Francisco Porcile	Área de Recursos Naturales de la
	Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de la Empresa

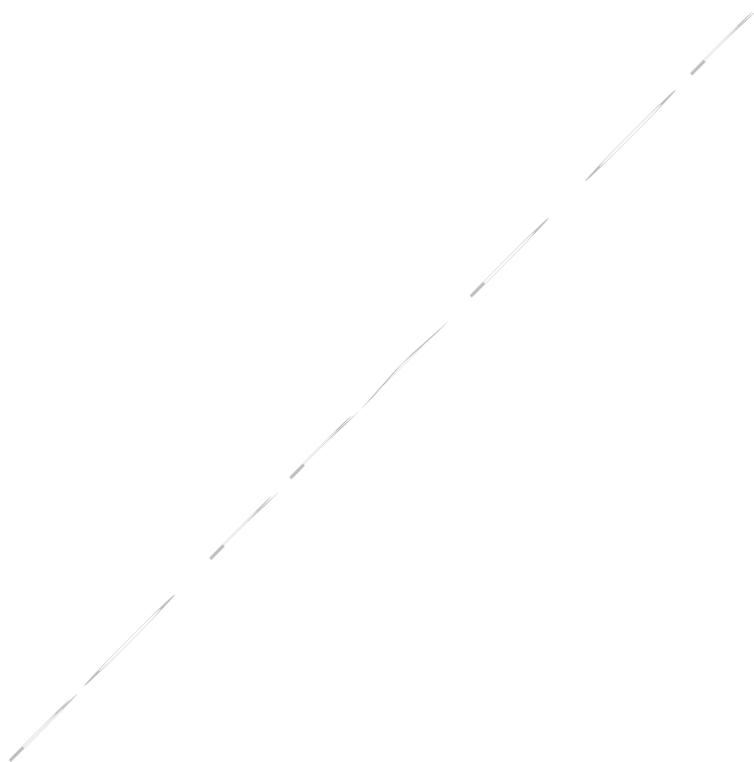
Soledad Mantero	SNAP/DINAMA
Carolina Segura	Ecoplata/MVOTMA
	<b>Residuos</b>
Sebastián Bajsa	DINAMA
Carlos Saizar	LATU
Jorge Ramada	PIT-CNT
Pablo Zamonsky	Aborgama
María José González	Proyecto GEF
Virginia Villarino	Intendencia de Maldonado
	<b>Hábitat y Salud</b>
Graciana Barboza	MSP
Eliana Colman	Comunicación. División Salud Ambiental MSP
Dr. Gastón Casaux	MSP
Dra. Adriana Sosa	MSP
Willem Kok	DINAVI/Depto Tecnologías constructivas
	<b>Agropecuario</b>
María Methol	MGAP
Laura Astigarraga	Fac. Agronomía
Pablo Reali	DINAMA
Vicente Plata	FAO URUGUAY
Agustín Giménez	INIA
Ricardo De Izaguirre	INALE
Francisco Dieguez	Plan Agropecuario
Domingo Quintans	MGAP
Ing. Agr. Forestal Juan Francisco Porcile	UDE
Ing. Agr. José Antonio Bico	MGAP
	<b>Generales</b>
Elma Montana	Directora Científica IAI
Fabiana Bianchi	OPP
Magdalena Preve	PNUD
Ignacio Lorenzo	SNRCC
Antonio Juambeltz	MEF
Laura Márquez	ANII
Dra. Silvia Batista	Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE)
Arq. Mara MOLLA	OPP
Mateo Ferriolo	ONUDI
Agustín Inthamoussu	CARBOSUR
Gustavo Olveyra	MINTURD
Raúl Viñas	U.D.E
Ing. Química Mariana Scala	Conaprole

## A2-2. Información de Reuniones Sectoriales

Tabla A2-7: Lista de co-coordinadores institucionales designados ante la Coordinación Nacional ENT

Nombre	Institución	Dirección de e-mail	Sector
Martín Hansz	DNT - MTOP	<a href="mailto:martin.hansz@mtop.gub.uy">martin.hansz@mtop.gub.uy</a>	Transporte
Beatriz Olivet	DNE - MIEM	<a href="mailto:beatriz.olivet@rne.miem.gub.uy">beatriz.olivet@rne.miem.gub.uy</a>	Transporte y Energía
Paola Visca	DCC - MVOTMA	<a href="mailto:paola.visca@mvotma.gub.uy">paola.visca@mvotma.gub.uy</a>	Transporte y Energía
Graciana Barboza	MSP	<a href="mailto:gbarboza@mss.gub.uy">gbarboza@mss.gub.uy</a>	Hábitat urbano y salud
Wim Kok	DINAVI - MVOTMA	<a href="mailto:wkok@mvotma.gub.uy">wkok@mvotma.gub.uy</a>	Hábitat urbano y salud
Isabel Erro	DINAVI - MVOTMA	<a href="mailto:ierro@mvotma.gub.uy">ierro@mvotma.gub.uy</a>	Hábitat urbano y salud
Carla Zilli	DCC - MVOTMA	<a href="mailto:carla.zilli@mvotma.gub.uy">carla.zilli@mvotma.gub.uy</a>	Hábitat urbano y salud
Mariana Kasprzyk	DCC - MVOTMA	<a href="mailto:mariana.kasprzyk@mvotma.gub.uy">mariana.kasprzyk@mvotma.gub.uy</a>	Residuos
Ethel Badin	Intendencia de Canelones / Congreso de Intendentes	<a href="mailto:ethelbadin@gmail.com">ethelbadin@gmail.com</a>	Ecosistemas y Residuos
Inti Carro	DCC - MVOTMA	<a href="mailto:inti.carro@mvotma.gub.uy">inti.carro@mvotma.gub.uy</a>	Ecosistemas
Viveka Sabaj	DINAGUA - MVOTMA	<a href="mailto:vivekasabaj@yahoo.com">vivekasabaj@yahoo.com</a>	Recursos Hídricos
Ignacio García	DINAGUA - MVOTMA	<a href="mailto:igarcia@mvotma.gub.uy">igarcia@mvotma.gub.uy</a>	Recursos Hídricos
Gabriela Pignataro	DCC - MVOTMA	<a href="mailto:gabriela.pignataro@mvotma.gub.uy">gabriela.pignataro@mvotma.gub.uy</a>	Recursos Hídricos
Walter Oyhantcabal	MGAP	<a href="mailto:woyhantcabal@mgap.gub.uy">woyhantcabal@mgap.gub.uy</a>	Agricultura

**Tabla A2-8: Reuniones sectoriales con co-coordinadores**



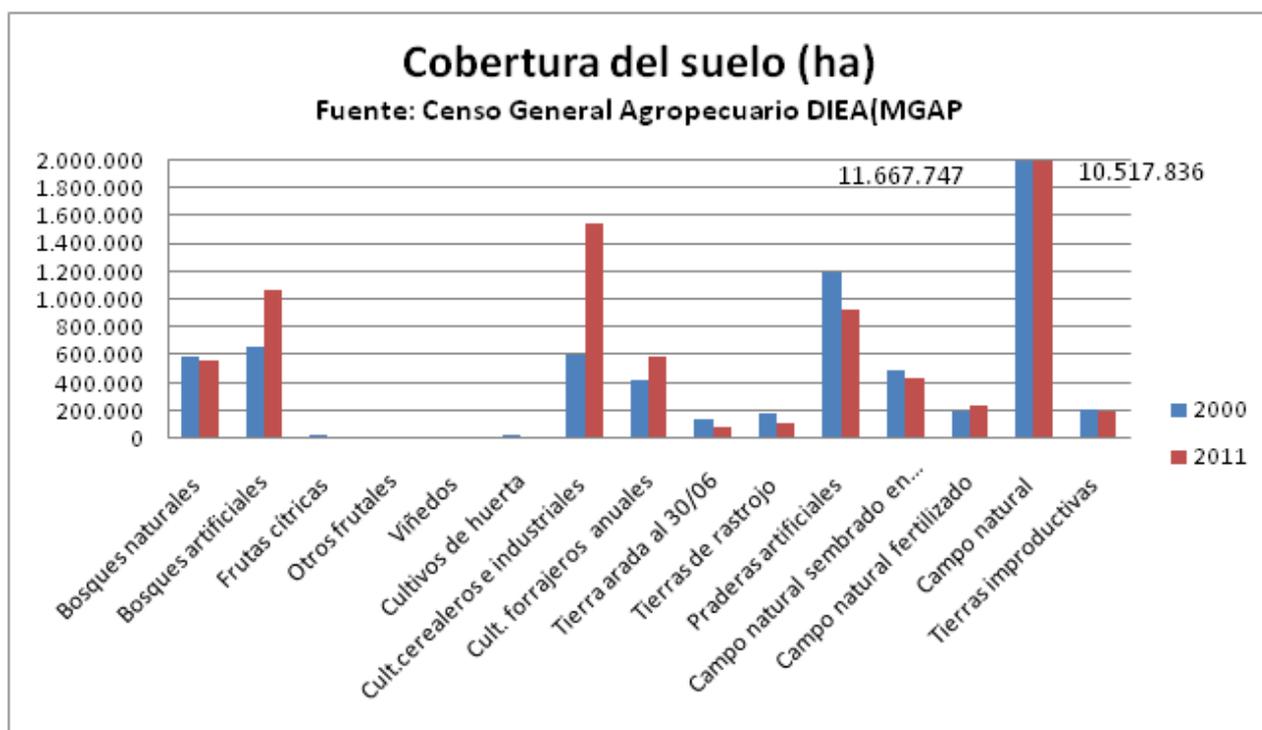
Sector(es)	Lugar	Fecha	Participantes	
Ecosistemas y Residuos	Centro Interdisciplinario para la Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática (CIRCVC - UdelaR)	18/06/2015	Ethel Badín Leonardo Herou Carla Zilli Laura Astigarraga Carlos Saizar	Co-coordinadora por Congreso de Intendentes Director General de Gestión Ambiental de la Intendencia de Canelones Co-coordinadora por División de Cambio Climático - MVOTMA Consultora por CIRVCC - UdelaR Consultor por LATU
Energía e Industria	Dirección Nacional de Energía (DNE - MIEM)	14/07/2015	Beatriz Olivet Carolina Mena Wilson Sierra Carla Zilli Carlos Saizar	Co-coordinadora por DNE (MIEM) Directora del Área de Demanda, Acceso y Eficiencia Energética de la DNE (MIEM) Director del Área de Energías Renovables de la DNE (MIEM) Co-coordinadora por División de Cambio Climático - MVOTMA Consultor por LATU
Transporte	Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO)	23/07/2015	Martín Hansz Mauricio Zunino Jorge Castro Paola Visca Laura Astigarraga Carlos Saizar	Co-coordinador por MTO Área de Demanda, Acceso y Eficiencia Energética de la DNE (MIEM) Consultor por División de Cambio Climático - MVOTMA Co-coordinadora por División de Cambio Climático - MVOTMA Consultora por CIRVCC - UdelaR Consultor por LATU
Residuos	Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA)	27/07/2015	Sebastián Bajsa Carlos Saizar	Unidad de Planificación de DINAMA (MVOTMA) Consultor por LATU
Agropecuario	Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA - MGAP)	14/08/2015	Walter Oyhançabal Jorge Castro Carla Zilli Laura Astigarraga Carlos Saizar Pablo Reali	Co-coordinador por MGAP Consultor por División de Cambio Climático - MVOTMA Co-coordinadora por División de Cambio Climático - MVOTMA Consultora por CIRVCC - UdelaR Consultor por LATU Consultor por LATU
Energía e Industria y Transporte	Dirección Nacional de Energía (DNE - MIEM)	20/08/2015	Beatriz Olivet Mauricio Zunino Antonella Tambasco Jorge Castro Carla Zilli Laura Astigarraga Carlos Saizar Pablo Reali	Co-coordinadora por DNE (MIEM) Área de Demanda, Acceso y Eficiencia Energética de la DNE (MIEM) Área de Demanda, Acceso y Eficiencia Energética de la DNE (MIEM) Consultor por División de Cambio Climático - MVOTMA Co-coordinadora por División de Cambio Climático - MVOTMA Consultora por CIRVCC - UdelaR Consultor por LATU Consultor por LATU
Residuos	Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA - MVOTMA)	04/09/2015	Marisol Mallo Sebastián Bajsa Carlos Saizar Pablo Reali	Asesora en Planificación y Gestión de Residuos y Sustancias - DINAMA (MVOTMA) Unidad de Planificación de DINAMA (MVOTMA) Consultor por LATU Consultor por LATU

## ANEXO 3: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA PARA EL ANÁLISIS DEL SECTOR AGROPECUARIO

### A3-1. Descripción del Sector Agropecuario en Uruguay

En la última década, principalmente a causa de los aumentos en los precios internacionales de las materias primas agrícolas y en menor medida de las ganaderas y forestales que exporta el país, se ha observado un importante proceso de intensificación productiva. Como se puede apreciar en la Figura A3-1, la agricultura ha multiplicado aproximadamente por diez su área de cultivo a expensas del campo natural. En menor medida, el sector forestal también experimentó un aumento de más de 400.000 ha, también ocupando antiguos pastizales naturales, principal sustento de la producción pecuaria en Uruguay.

Figura A3-1: Distribución nacional de cobertura de suelo.



Sin embargo, los diferentes subsectores agropecuarios se han desarrollado asimétricamente en cuanto al grado de tecnificación empleada, lo que ha afectado directamente la relación entre los resultados obtenidos y el techo productivo esperado. Del análisis de los usos predominantes del suelo en nuestro país, se puede concluir lo siguiente:

**La agricultura y la forestación:** Realizada mayoritariamente por grandes empresas con proyección nacional, regional e inclusive internacional, utilizan paquetes tecnológicos de avanzada, comparables muchas veces al estado del arte a nivel internacional, lo que los sitúa cerca del techo productivo actualmente esperable para las condiciones edafo-climáticas donde se realizan estas actividades. El dinamismo de este sector no solo está explicado en las posibilidades de acceso al capital y a su integración en cadenas agroindustriales, sino también por el apoyo constante del Estado, tanto a nivel de políticas de promoción como en el conocimiento científico-tecnológico que desde hace varias décadas es aportado desde diferentes instituciones públicas como el MGAP y la Universidad de la República. Adicionalmente, ha recibido la colaboración de parte de otros organismos paraestatales de apoyo a la producción y la exportación como el INIA, y también en cuanto a la integración con la agro-industria, mediante instituciones como el LATU, etcétera. De todas formas,

según se solicitó en reuniones interministeriales (Torres, 2015), se planteó la posibilidad de incorporar el silvopastoreo con fines de producción de biomasa energética, actividad que además de promover la mitigación, genera importantes beneficios socio económicos, sobre todo a nivel de población rural. Sobre esto se volverá cuando se trate la alternativa tecnológica propuesta.

**La ganadería de carne a campo natural:** Si bien desde hace décadas el Estado vuelca una significativa cantidad de recursos humanos y materiales en la promoción y mejora de las condiciones productivas del sector ganadero, su propia naturaleza ha dificultado que estas transferencias tecnológicas y políticas de promoción dieran los mismos frutos que para el caso de la agricultura o la forestación. Esta actividad productiva es realizada mayoritariamente por productores nacionales individuales, con menor grado de acceso al capital, corporativismo y, con frecuencia, bajo nivel de gestión sobre sus explotaciones, ya que la mayoría de los propietarios ni siquiera viven en sus predios. Aunque un análisis detallado del sector ganadero excede los alcances de este informe, las condiciones expuestas determinan que el sector ganadero de producción de carne a campo natural se haya estancado técnicamente, logrando rendimientos muy por debajo de su potencialidad. Si en la actualidad se produce en promedio aproximadamente 60 kg de carne vacuna por hectárea y año, se cree que con mejoras tecnológicas de relativa fácil aplicación se podría prácticamente triplicar esa cifra (Oyhancabal, 2015). Por otro lado, otro tipo de políticas productivas sí han podido alcanzar de forma generalizada y efectiva a los productores ganaderos, las cuales son posibles de ser capitalizadas en la presente propuesta. Un ejemplo es el exitoso proceso de trazabilidad ganadera llevado a cabo por el Sistema Nacional de Información Ganadera (MGAP) en el que se indica que el 100% del rodeo nacional de vacunos está identificado y registrado (Presidencia, 2011). Esto sin dudas se constituye en un excelente insumo para la determinación de huellas de carbono de las carnes de exportación de Uruguay a un nivel muy preciso (Aguerre, 2013).

### **A3-2. Estimación de reducción de GEI en el pastoreo de ganado vacuno de carne en campo natural**

Uruguay tiene un fuerte potencial para reducir las emisiones por unidad de producción mediante la mejora de la eficiencia de la producción agrícola. Hay una gran cantidad de posibles intervenciones de baja emisión de carbono disponible en el sector agrícola, principalmente enfocado en la mitigación de gases de efecto invernadero distintos del CO<sub>2</sub> (metano y óxido nitroso). A diferencia de varios países de América Latina, la reducción de emisiones por control de la deforestación y la degradación forestal (REDD) no es una estrategia de bajo carbono importante en Uruguay. La razón es que Uruguay se encuentra dentro del Bioma Pampeano, donde la presencia de bosques naturales es históricamente escasa. Sin embargo, la expansión de la superficie forestal artificial en zonas de antiguas praderas sigue siendo potencialmente una amplia medida de mitigación.

Yendo directamente a la tecnología seleccionada, una opción potencial de mitigación es cambiar la gestión de los pastos naturales controlando la altura media de los mismos. El aumento en el área foliar y la productividad primaria neta generará un aumento de peso de los rodeos y, en consecuencia mejorará los indicadores productivos y reproductivos para el ganado.

Esta medida implica la integración de las mejores prácticas de gestión de los pastizales naturales, como por ejemplo:

- Tasas de carga de ajuste de pastoreo para mantener un nivel de biomasa mínimo sostenible
- Sistemas de pastoreo rotacional
- Modificación temporal del pastoreo.
- Eliminación de los animales no productivos
- Consideraciones sobre bienestar animal.

A continuación se reproduce la estimación de cálculo realizada por el equipo del Banco Mundial (World Bank, 2014) que fue resumido en el cuerpo del informe en la [Tabla 3-2](#).

Las emisiones asociadas a esta medida de mitigación se refieren a las tres distintas fuentes de emisiones para la ganadería de carne: reducción de metano por fermentación entérica y provisión de sombra para el ganado.

**Tabla A3-1: Comparación de emisiones de fermentación entérica entre la línea de base y la medida propuesta.**

	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Emisiones de GEI en línea de base, todas las categorías de ganado en pastizales (ktCO <sub>2</sub> -eq./año)	25.425	23.559	23.778	23.929	24.074	24.213	24.265
Emisiones de GEI en medida de mitigación, todas las categorías de ganado en pastizales (ktCO <sub>2</sub> -eq./año)	25.425	23.559	23.625	23.590	23.558	23.528	23.297
Emisiones de GEI en línea de base, todas las categorías de ganado en pastizales (kgCO <sub>2</sub> -eq./peso vivo)	27,0	25,0	24,0	22,6	21,5	20,4	19,3
Emisiones de GEI en medida de mitigación, todas las categorías de ganado en pastizales (kgCO <sub>2</sub> -eq./peso vivo)	27,0	25,0	23,7	22,1	20,8	19,6	18,3

Nota: también se contabiliza el secuestro de emisiones por el carbono orgánico de suelo debido a las prácticas sostenibles de manejo de pastizales.

**Tabla A3-0-2: Comparación del secuestro de emisiones por carbono orgánico en el suelo entre la línea de base y la medida propuesta.**

	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Stock COS en línea de base (ktCO <sub>2</sub> -eq.)	1.312	1.225	1.214	1.199	1.185	1.172	1.157
Stock COS bajo medida de mitigación (ktCO <sub>2</sub> -eq.)	1.312	1.225	1.215	1.204	1.199	1.194	1.189

### *A3-2.1. Balance neto el pastoreo de ganado vacuno de carne en campo natural*

El potencial de reducción de emisiones estará dado por la diferencia entre las emisiones de línea de base en la ganadería (mayores) y las emisiones bajo la medida de mitigación (menores). Esta diferencia se puede ver en la tabla a continuación:

**Tabla A3-3: Comparación del balance neto de emisiones entre la línea de base y la medida propuesta.**

<b>Diferencias en emisiones de LB y medida de mitigación</b>	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Emisiones de GEI, todas las categorías de ganado en pastizales (ktCO <sub>2</sub> -eq./año)	0	0	-154	-339	-516	-686	-968
Emisiones de GEI, todas las categorías de ganado en pastizales (kgCO <sub>2</sub> -eq/kg peso vivo)	0	0	-0,3	-0,5	-0,7	-0,8	-1,0

El total acumulado de ahorro de emisiones para este período es de 11.070,2 ktCO<sub>2</sub>eq. Además, para el período 2005 – 2035, el potencial de secuestro de carbono en suelo por esta medida se muestra en resultados parciales en la siguiente tabla:

**Tabla A3-4: Potencial de secuestro de carbono en el suelo en el período adoptado para la medida propuesta.**

	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Cambio de stock de carbono en suelo (ktCO <sub>2</sub> -eq./año)	0	0	0	1	2	4	6

El total acumulado de ahorro de emisiones para este período es de 53.492 ktCO<sub>2</sub>eq.

### **A3-3. Estimación de reducción de GEI en la provisión de agua y sombra para el ganado vacuno**

Esta medida de silvopastoreo consiste en integrar las plantaciones forestales con la ganadería y la lechería para brindar sombra y abrigo. Esta medida supone el desarrollo de la forestación de pequeña escala en múltiples unidades productivas de los más diversos rubros. Una de las claves de este planteo es que esta experiencia viene siendo implementada en Uruguay mediante esquemas denominados “fomento”, ya que se propone al productor ganadero una diversificación e incremento de los ingresos del sistema por la venta de madera. Cabe destacar que la mejora en la capacidad de captura de Carbono podrá compensar en gran medida desde los propios predios las emisiones que estos sistemas producen a través del ganado.

Esta medida cuantifica el avance del área forestal en predios dedicados a la ganadería y lechería. Hoy en día, se sabe que existen 107.400 ha de plantaciones forestales del tipo “cortinas” en predios ganaderos que son utilizados con fines energéticos en los mismos predios y para abrigo y sombra. En esta medida de mitigación se propone aumentar un 50% de esta área con el propósito de brindar más superficie para sombra y abrigo al ganado, comenzando progresivamente desde 2014 hasta alcanzar las 53.700 ha en el 2035.

En cuanto a la disponibilidad de agua, la medida consiste en almacenar y distribuir agua de calidad para bebederos vacunos en áreas puntuales de forma permanente. Esta medida tiene como efecto directo proporcionar agua al animal pero indirectamente mejora el aprovechamiento de la pastura.

Esta medida de mitigación genera emisiones de GEI por la preparación del suelo al momento de realizar las plantaciones. Sin embargo, siguiendo las herramientas para contabilizar emisiones en proyectos forestales del MDL (UNFCCC, 2010), las emisiones de GEI se pueden desprestigiar. La reducción de emisiones lograda por esta medida de mitigación se debe al incremento del contenido de carbono en diferentes pools del área forestada: biomasa aérea, raíces, madera muerta y carbono orgánico del suelo.

La propuesta de implementar nuevas “cortinas”, al igual que bebederos, para dar abrigo, sombra y agua al ganado también tiene un impacto sobre las emisiones relativas de GEI en la ganadería. Es decir, el ganado en un escenario de mayor confort destina menos energía para el mantenimiento o actividad y puede destinarla al crecimiento, lactancia o preñez, por lo que los rendimientos de kg de carne o litros de leche son mayores. Sin embargo, cuantificar este impacto es complejo, no existen datos o publicaciones locales para tomar como referencia y asumir las hipótesis necesarias sería un trabajo que iría más allá de los objetivos de este estudio. Sin embargo, es un elemento que se tendrá en cuenta cuando se analicen las externalidades de cada medida.

#### **A3.3.1. Balance neto provisión de agua y sombra para el ganado vacuno**

Esta medida de mitigación resulta en la reducción de 10.021 ktCO<sub>2</sub>eq para el período 2005-2035 por la plantación de 53.700 ha adicionales a la línea de base, con el objetivo de brindar abrigo y sombra al ganado vacuno y lechero.

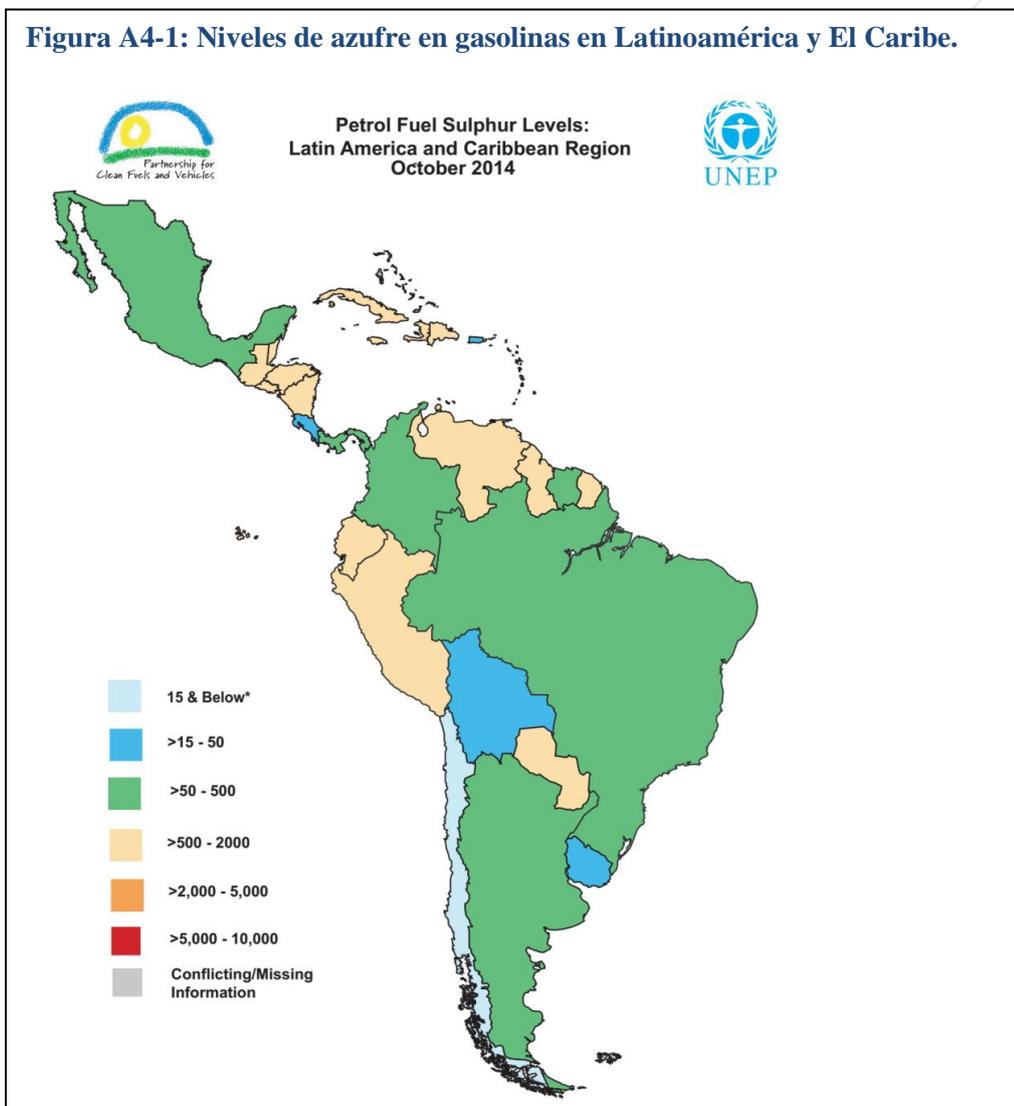
## ANEXO 4: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA PARA EL ANÁLISIS DEL SECTOR TRANSPORTE

### A4-1. Descripción de las diferentes opciones tecnológicas identificadas para el sector transporte

#### A4-1.1. Eficiencia energética vehicular

La propuesta del MVOTMA para estándares de emisiones de fuentes móviles es comenzar a exigir a los vehículos nuevos, y con dos años de plazo a partir de su promulgación (prevista originalmente para 2015), el cumplimiento de Euro 5 (o equivalente) para vehículos livianos y pesados, y Euro 3 (o equivalente) para motocicletas. A partir de la puesta en funcionamiento de la planta desulfuradora de ANCAP, la mayor disponibilidad de gasolinas con bajo contenido de azufre ubica a Uruguay entre los pocos países de Latinoamérica (Figura 4.9) habilitados para exigir el funcionamiento de vehículos tecnológicamente más avanzados, con menores emisiones y también energéticamente más eficientes.

Figura A4-1: Niveles de azufre en gasolinas en Latinoamérica y El Caribe.



El MVOTMA está participando desde del proyecto GFEI (Global Fuel Economy Initiative) “Estrategia de Transporte Limpio para Uruguay – Opciones de Política en Economía de Combustible”, que cuenta dentro de sus líneas estratégicas promover incentivos para vehículos más limpios y eficientes, apoyando un programa de etiquetado de emisiones y EE, en el marco de un programa de homologación.

#### *A4-1.2. Biocombustibles*

En relación al objetivo estratégico particular del MIEM de promover el uso de biocombustibles desde la oferta energética, el proceso es liderado por ANCAP y la empresa de su grupo ALUR. En primer lugar, se desarrollaron estándares técnicos para bioetanol (UNIT 1122) y biodiesel (UNIT 1100). El contenido de etanol en todas las gasolinas vendidas en Uruguay es del 5% (E5), y en 2015 se incrementará a 10% (E10), en tanto el contenido de biodiesel en gasoil común pasó de 5,5% (B5,5) a 7% (B7) en abril de 2014. Esto implicó mejoras en el suministro y distribución, y la incorporación de nuevas plantas: etanol en Paysandú desde 2015, y biodiesel en Montevideo desde 2013. Desde el punto de vista de la demanda energética, a través de un convenio firmado con ALUR en abril de 2014 se han realizado experiencias para aumentar el contenido de biodiesel en 100 unidades de la flota de ómnibus de CUTCSA (principal transportista de pasajeros en Montevideo) a 10% (B10), que extendido al 100% de la flota de CUTCSA equivaldría a 900.000 litros/año. En función de los resultados, podría pasarse a un contenido de 20% (B20) (ALUR, 2014).

#### *A4-1.3. Vehículos híbridos y eléctricos*

La introducción de vehículos híbridos y eléctricos ha sido promovida a nivel nacional a través de la readecuación de las tasas de IMESI de vehículos (Decreto 411/010 y 099/012) que dan un régimen impositivo diferencial de promoción de estos vehículos. A su vez, con el objetivo de aprender y evaluar potencialidades con experiencias piloto, en coordinación con la DNE en 2013 UTE importó en régimen de admisión temporaria un ómnibus eléctrico para probar su rendimiento en recorridos de varias líneas (UTE, 2013). Posteriormente, en julio de 2014, UTE incorporó a su flota 30 camionetas eléctricas, anunciando la intención de comprar 200 más (UTE, 2014). En agosto de 2015 la Intendencia de Montevideo (IdM), también en coordinación con el MIEM, presentó los primeros cuatro taxis eléctricos, que cuentan con varios incentivos económicos: resolución de la IM para reducción del costo de la licencia de US\$ 120.000 al 50%, Decreto del Poder Ejecutivo que exonera por dos años la Tasa General Arancelaria a los autos eléctricos, e instalación de cargador y US\$ 5.000 por taxi de aporte de UTE (IdM, 2015).

#### *A4-1.4. Vehículos a GNC*

En relación al uso de GNC en vehículos, no hay en el país todavía vehículos funcionando con este combustible, así como tampoco estaciones que lo suministren (EGNC), si bien desde diciembre de 2003 está en vigencia el “Reglamento de suministro y uso vehicular de GNC” y desde abril de 2005 el “Reglamento de transporte a granel de GNC”, elaborados por la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA).

Considerando que la inversión necesaria para una estación de GNC ronda el medio millón de dólares, parece razonable que el mercado no se desarrolle hasta que esté asegurado el suministro del gas natural, y que en una primera etapa no haya más de tres o cuatro EGNC. El costo de éstas, los requisitos de la habilitación municipal y las restricciones geográficas (proximidad a línea de alta presión) son obstáculos importantes para la instalación de las EGNC. El precio final al público del GNC vehicular aún no ha sido fijado, pero la ley 17.453 del año 2002 establece que deberá tributar IMESI igual que el gasoil (corregido por el rendimiento) y habilita al Poder Ejecutivo a exonerarlo de IVA para incentivar su uso.

La experiencia regional muestra que el taxímetro ha sido la plataforma de lanzamiento del gas natural (Argentina en 1975 y Brasil en 1995), sustentando la instalación de EGNC. En esta línea, ANCAP estableció dos etapas para la penetración del GNC en Uruguay. En la primera, que originalmente tenía lugar entre 2014 y 2018, apuntaba a las denominadas “flotas cautivas” de Montevideo, en especial taxis y ómnibus. El comienzo coincidía con la puesta en marcha de la regasificadora, que por suspensión de las obras ha sido

diferida para no antes de noviembre de 2016. La proyección original de ANCAP era comenzar con la reconversión del 10% de la flota de taxis (del total de 3.060 unidades en 2012), para llegar en cuatro años a un máximo del 50%. En la segunda etapa de los cinco años siguientes se extendía al sector transporte en general, en los departamentos con acceso al gas natural (Montevideo, Canelones, Colonia, Paysandú y San José) (DNE, 2015) (Arribas, Landoni, Negro, & Tutor: Infanzón, 2012)

#### *A4-1.5. Transporte activo y multimodal, cambios, priorización del transporte público*

Montevideo nuclea aproximadamente la mitad de la población de Uruguay, y por tanto cualquier modificación significativa en el sistema de transporte capitalino hacia tecnologías menos intensivas en carbono tendrá un impacto significativo en la reducción de las emisiones nacionales de GEI.

En relación a la promoción de modalidades que impulsen itinerarios seguros para peatones y bicicletas, el equipo de Transporte Activo de la Unidad Ejecutiva del Plan de Movilidad de la IM está estudiando la propuesta de actuación para el próximo quinquenio, manejando un presupuesto estimado de entre US\$ 6.000.000 y US\$ 10.000.000. Las propuestas para el próximo quinquenio (2015 - 2020) son las siguientes (IdM, 2015):

- Garantizar la incorporación de 100 km nuevos a red ciclable.
- Colocar 1000 bicicletarios (o anclajes) nuevos para bicicletas.
- Expandir la cobertura de MOVETE, el Sistema de Bicicletas Públicas de Montevideo.
- Crear nuevos circuitos peatonales.
- Instalar racks para bicicletas en el transporte público colectivo.
- Garantizar el estacionamiento vigilado de bicicletas en las terminales e intercambiadores.

En setiembre de 2015 el arquitecto Jan Gehl visitó Montevideo a instancias de la Intendencia capitalina y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en el marco de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (Ices) del BID. Esto se consideró como el primer paso para implementar la denominada “metodología Gehl” (An Camas Mør, 2009) en la capital uruguaya (IdM, 2015). El trabajo de Gehl orienta el diseño de las ciudades hacia el peatón y el ciclista, y es reconocido por haber transformado a Copenhague en una ciudad transitable, en la que más del 50% de los viajes se realizan en bicicleta. Esto está en línea con lo propuesto en el informe del Riso Center del PNUMA sobre ENT en Transporte, que señala el transporte multimodal, con un importante componente de transporte a pie o en bicicleta, como forma eficaz de mitigación de GEI. El equipo de Gehl va a trabajar cinco meses con la Intendencia de Montevideo para hacer algunas intervenciones sobre la avenida 18 de Julio (principal avenida céntrica de Montevideo), que luego puedan ser trasladadas a otros lugares de la capital.

El sistema de transporte público ha registrado una pérdida de participación en el total de viajes diarios realizados, de un 67% en 1986 a un 41% en 2009. El elevado ritmo de crecimiento en los últimos años del parque automotor privado en Montevideo, asociado en general al crecimiento de la economía, aumenta la congestión urbana e impacta negativamente sobre el factor de ocupación del sistema de transporte público, afectando su viabilidad económica (PNUMA, 2015).

A esta situación se suma la disconformidad de los usuarios del transporte público con las prestaciones que éste ofrece, tal como lo reveló un estudio antropológico presentado este año por el Instituto de Ciencias Antropológicas de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FHCE) de la Universidad de la República (El País, 2015). Las mayores quejas se dan con respecto al ancho insuficiente de los pasillos, los asientos angostos, la falta de ventilación y limpieza, además del viaje lento y el precio considerado caro. A pesar de que el abordaje de estos problemas está en la agenda de las autoridades municipales, de acuerdo a la Dirección de Movilidad de la IdM (El Observador, 2015) las mejoras previstas en el transporte no se verificarán en el mediano plazo de forma significativa. Por lo tanto, todas estas desventajas, tanto en el confort como en el tiempo de viaje, se constituyen como una importante barrera a la hora de promover el menor uso de vehículos particulares en los viajes urbanos, en pos del uso del sistema de transporte público que hoy impera en Montevideo.

La IM estudia otras alternativas de mejora del transporte público en Montevideo a través del proyecto “Estudio de Pre factibilidad sobre Medios para Transporte Masivo BRT / LRT (Bus Rapid Transit, Light Rail Transit) en la ciudad de Montevideo” (IdM, 2014). Este proyecto lanzado en noviembre de 2014 fue esponsorizado por el gobierno de Corea, a través del Ministerio de Comercio Industria y Energía (Motie) y la Asociación de Ingeniería y Consultoría de Corea (Kenca). La empresa coreana TESO Engineering tenía previsto culminar la consultoría en mayo de 2015, aunque los resultados no han trascendido. Tomando como base la exitosa experiencia del Exclusive Media Bus Line en Corea, se esperaba comparar la implementación de esos sistemas en corredores tales como avenida Italia. La IdM contaría entonces con nuevos elementos para la selección de modos adecuados de transporte masivo, sobre los cuales se realizarían proyecciones de la demanda de transporte y estimaciones de costo de esos sistemas.

#### ***A4-1.6. Mejora en la gestión del tránsito***

La mejora de la gestión del tránsito en Montevideo mediante el empleo de corredores rápidos y semáforos inteligentes está prevista dentro del Plan de Movilidad (IdM, 2015) con la conformación de cinco corredores de transporte radiales y uno transversal, los que serán resueltos en régimen de carriles exclusivos para el Sistema de Transporte Metropolitano (STM) y complementados por otras vías con carriles preferenciales. Por ellos circularán las rutas troncales del STM, servidas por ómnibus articulados de gran capacidad, con unidades de piso bajo para optimizar el tiempo de ascenso y descenso de pasajeros y para facilitar el acceso a personas con movilidad reducida permanente o transitoria. En estos corredores de transporte se implementará una reducción del número de cruces transversales y un sistema de onda verde (coordinación de semáforos) para garantizar el tránsito fluido de las líneas troncales. La segunda etapa de obras se desarrolla entre 2010 y 2020, aunque la corrección de problemas en el primer corredor construido ha diferido las obras de los otros corredores y generado cierto escepticismo en algunos sectores de la población acerca de su efectividad para la mejora del tránsito (El País, 2013).

En la misma línea de mejora de la gestión del tránsito, el departamento de Movilidad Urbana de la IM presentó este año en la Junta Departamental el proyecto de creación de un moderno centro de gestión de movilidad urbana con una semaforización inteligente, monitoreo del tránsito a través de circuitos cerrados de televisión, instalación de cámaras en avenidas y cartelera para los usuarios, con un costo cercano a los 4 millones de dólares. En total, al concretarse el proyecto el centro estaría cubriendo 400 intersecciones en Montevideo, un 64% de la red total de semáforos y 127 kilómetros de la malla vial. El sistema del centro de monitoreo estará operando con 130 cámaras sobre los corredores y 20 cámaras en otros puntos de interés. El objetivo para el Sistema de Transporte es la implementación de 100 paneles con tecnología led, para transmitir en tiempo real la información del pasaje de los ómnibus y tiempo de demora. La meta es cubrir las 100 paradas principales de transporte de acuerdo con el ranking actual, definido según su demanda de uso (El País, 2013).

#### ***A4-1.7. Transporte ferroviario de carga***

Uruguay posee una red ferroviaria de alrededor de 3.000 km de vía simple construida con un criterio de bajo costo, y en la actualidad con solo algo más de la mitad (1.640 km) en operación. En lo que se refiere a la carga, el transporte ferroviario cubre con unas 300 millones de ton-km cerca del 3% del total nacional, en contraste con los 9.200 millones de ton-km que sirve el transporte carretero, y que representan alrededor del 97% de las ton-km totales del país (la movilización de carga doméstica también muestra una reducida participación del transporte fluvial, que solamente atiende algunos movimientos de combustible y celulosa sobre el río Uruguay) (Ardanuy, Diciembre 2014).

De acuerdo a un análisis reciente de la situación del ferrocarril presentado por las cámaras empresariales, AFE actualmente se encuentra en una situación crítica desde el punto de vista económico, técnico y de gestión, con una productividad de las más bajas de los ferrocarriles del continente (Tettamanti, 2013). La red ferroviaria uruguaya posee muy baja densidad de tráfico: sobre cada km de la red circulan en promedio 1,5 trenes diarios, la mitad de los cuales son trenes de retorno, con lo que mayormente circulan exclusivamente con vagones vacíos; por lo tanto, la cifra anterior para trenes cargados baja a algo menos de uno por día.

No obstante, el informe considera que el aumento sostenido de la producción del país sumado a los nuevos proyectos productivos que se están desarrollando en Uruguay, genera una oportunidad para el desarrollo del ferrocarril. Para que la empresa ferroviaria pueda aprovechar esta oportunidad deberá buscar transformarse en una empresa de logística, invirtiendo en vías férreas (U\$S 197 millones) y material rodante (U\$S 130 millones) incorporando servicios logísticos (U\$S 24 millones) y mejorando sustancialmente la gestión empresarial, lo que posibilitará el incremento del volumen de cargas movilizado y la captación de nuevos tráficos.

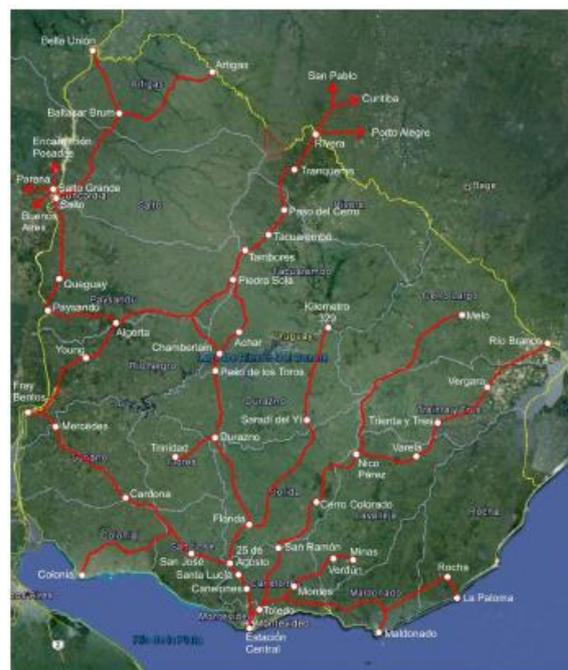
El mismo informe concluye que con las inversiones anteriores y parámetros de operación razonablemente eficientes, la operación para las líneas seleccionadas (Rivera, Río Branco, Minas, Litoral, Mercedes y Rocha) sería rentable en un período de 25 años, en virtud de los ahorros que se generan por consumo de combustibles (U\$S 1.300 millones) y por externalidades asociadas a accidentalidad, contaminación y cambio climático (U\$S 400 millones). Este balance sería favorable aun sin considerar los ahorros en el mantenimiento de las rutas, la menor congestión vehicular y el menor uso del suelo.

El gobierno anunció en julio de 2015 que en este período de gobierno 2015-2020 habrá para la red ferroviaria una inversión de 360 millones de dólares que se discriminan así: por Fondos de Convergencia Estructural del Mercosur (FOCEM) serán 200 millones de dólares, más 10 millones de dólares condicionados a la reforma ferroviaria; para el proyecto de participación público-privada Algorta-Fray Bentos (para rehabilitación y mantenimiento de tramo de 141 km de longitud) (CND, 2015) serán 90 millones de dólares, en tanto para material rodante 60 millones de dólares (Presidencia ROU, 2015).

La inversión del FOCEM, cuya Unidad de Análisis de la Unidad Técnica Nacional funciona en la órbita de la Dirección de Descentralización e Inversión Pública de OPP, se materializará en dos proyectos que fortalecen la integración regional mediante la recuperación de tramos sustanciales de vías férreas para una utilización más eficiente del transporte de carga. El primero consiste en la rehabilitación de 327 kilómetros de vías en el tramo comprendido entre la localidad de Tres Árboles (en Paysandú) y Salto Grande. El segundo proyecto consiste en la rehabilitación de 422 kilómetros de vías en el tramo comprendido entre la localidad de Pintado (en Florida) y el departamento de Rivera hasta la frontera con Brasil. Las obras demandarán una inversión de 74,8 millones de dólares, de los cuales el FOCEM destinará 50,1 millones y los 24,7 millones restantes provendrán de contrapartida nacional. Si bien el proyecto ya está en marcha, se prevé que su ejecución total se complete en 2016-2017.

En ambos proyectos del FOCEM las obras comprenden, en términos generales, la colocación de rieles, la instalación de durmientes en vías y puentes, la colocación de balasto, el reforzamiento de puentes, la nivelación del terreno, la señalización y la logística, todo lo cual permitirá asegurar una velocidad de 40 km/h y una carga de 18 toneladas por eje (OPP, 2015). En la [Figura A4-2](#) se muestra la red ferroviaria de Uruguay.

**Figura A4-2 : Red ferroviaria de Uruguay**



## A4-2. Experiencias internacionales en etiquetado de eficiencia energética vehicular

En un informe sobre eficiencia energética en el transporte publicado por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) en el 2010 (Kojima & Ryan, 2010) se menciona que muchos gobiernos del mundo han introducido una amplia variedad de políticas tales como metas voluntarias y/o estándares normativos para acelerar el despliegue de tecnologías más eficientes para el uso vehicular de los combustibles fósiles. Algunos países inclusive ya tienen más de 30 años de experiencia con las políticas cuyo alcance es enorme y que van desde enfoques de no intervención y programas voluntarios, hasta estrictas regulaciones obligatorias.

Según otro importante hallazgo realizado en otro estudio de la Agencia para el 2008 (Onoda, 2008), se determinó que en el mundo las medidas voluntarias de eficiencia energética en el uso del combustible no lograron en general los objetivos esperados. En vista de ello, por ejemplo Corea del Sur, la Unión Europea, Japón y Canadá han pasado de medidas voluntarias a regímenes regulatorios en los últimos años.

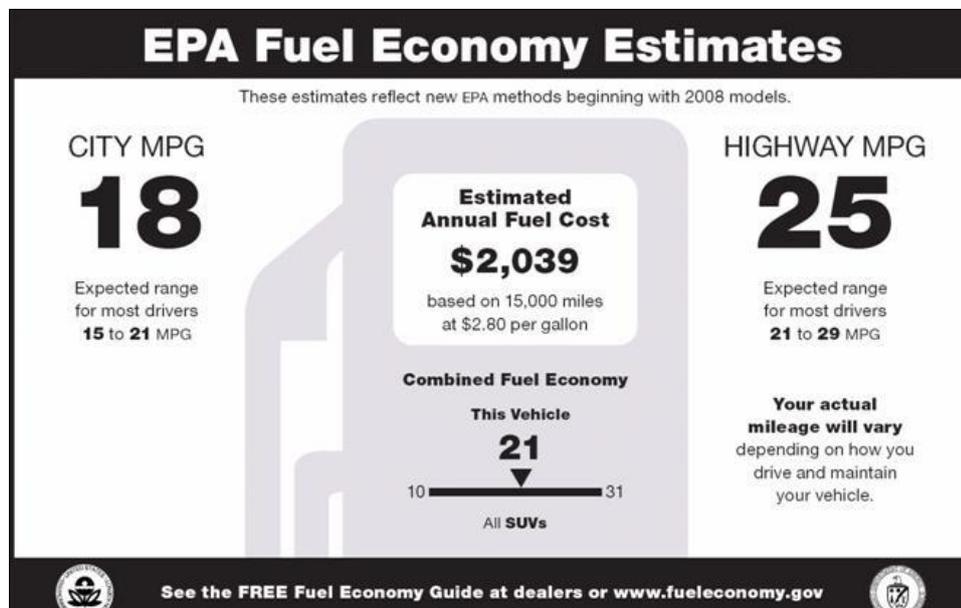
Por otro lado, es opinión general que los procesos voluntarios generan una adecuación paulatina del mercado y permiten en el futuro el establecimiento de regulaciones obligatorias, sin el efecto traumático que hubiera seguramente ocurrido en el mercado de la imposición de regulaciones obligatorias desde un inicio.

Dentro de las medidas voluntarias más utilizadas se encuentra el etiquetado de vehículos en cuanto a su eficiencia en el uso de combustible. A continuación se presentan algunas experiencias internacionales al respecto.

### A4-2.1 EE.UU.

En este país, hace más de 30 años que se realiza el etiquetado de vehículos con estimaciones de consumo de combustible para ayudar a los consumidores a realizar una compra informada. El etiquetado incluye información de la comparación de la eficiencia de uso de combustible en carretera y el costo anual estimado de combustible. En EE.UU. el Departamento de Transporte (DOT) es responsable por la eficiencia de uso del combustible y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) es responsable de las emisiones de GEI de los vehículos<sup>9</sup>. En la se ilustra la etiqueta que deben lucir los vehículos cero kilómetro desde el año 2008.

**Figura A4-3: Etiqueta conjunta EPA/DOT para modelos a partir de 2008.** Fuente: (U.S. EPA, 2006)



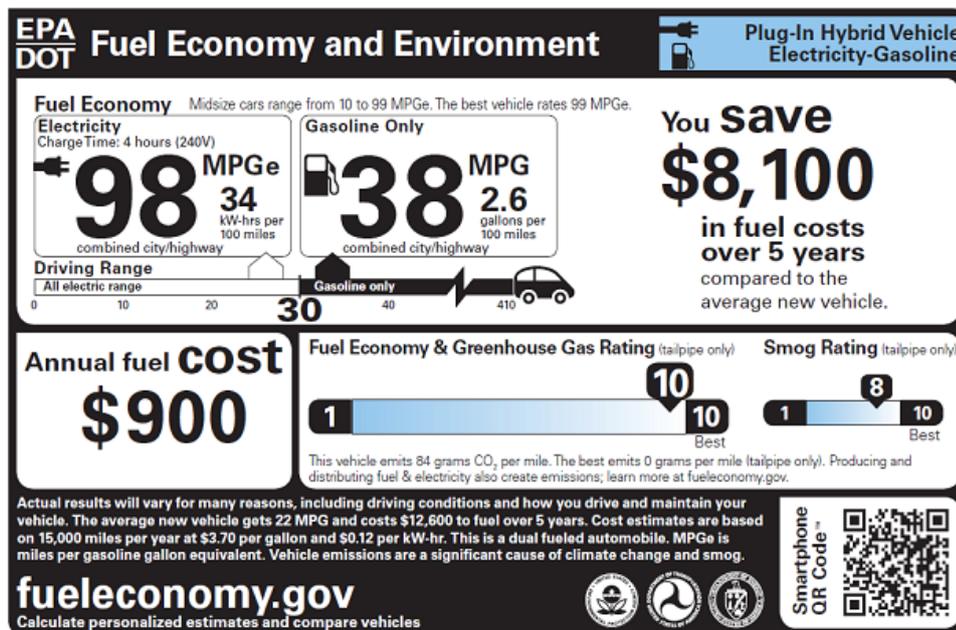
<sup>9</sup> El DOT está regulando esta eficiencia de uso desde 1975, cuando se crea el Programa Promedio de de Economía del Combustible (PPEC): en éste los vehículos de hasta 3 600 kg deben cumplir un objetivo de eficiencia mínimo basado en millas/galón. En 2016 se espera una armonización del PPEC con las normas de emisión de GEI.

En mayo de 2011 la U.S. EPA y la Administración Nacional de Seguridad en el Tránsito de Autopistas (NHTSA) culminaron el mayor re-diseño de las etiquetas de eficiencia de uso de combustible desde sus primeras versiones de hace 35 años. Las nuevas etiquetas “ambientales y de economía de combustible” son obligatorias para vehículos de 2013 en adelante, y contienen la siguiente información (U.S. EPA, 2011):

- Nuevas formas de comparar el uso de energía y costo entre vehículos con nuevas tecnologías que emplean electricidad y vehículos con combustibles convencionales;
- Estimaciones útiles de cuánto los usuarios gastarían o ahorrarían en los próximos 5 años en comparación con un vehículo nuevo promedio;
- Una escala de fácil lectura que permite comparar las emisiones contaminantes y de GEI del modelo con las de otros vehículos;
- Una estimación de cuánto combustible o electricidad se requiere para recorrer 100 millas;
- Información de la autonomía en distancia y tiempo de carga de un vehículo eléctrico;
- Un código QR que permite a usuarios de teléfonos inteligentes el acceso en línea de información de cómo se compara con varios modelos en desempeño ambiental y de eficiencia energética.

En la Figura A4-4 se muestra el diseño de la etiqueta actual.

**Figura A4-4: Etiqueta conjunta EPA/DOT para modelos a partir de 2012.** Fuente: (U.S. EPA, 2011)



#### A4-2.2. Japón

El gobierno japonés ha introducido dos veces objetivos de eficiencia de uso de combustible para vehículos ligeros. El primer objetivo se estableció en 1978, con el objetivo meta en 1985, y el segundo en 1990, con la meta en el año 2002. Posteriormente se han establecido objetivos fijados para los años 2010 y 2015.

Adicionalmente, la Ley de la Conservación de la Energía japonesa también exige a los fabricantes de automóviles el proporcionar información sobre la eficiencia de uso del combustible a través del etiquetado. Los valores de eficiencia de combustible están acompañados por sus correspondientes emisiones de CO<sub>2</sub>, aunque las personas están generalmente más acostumbradas a manejar valores de eficiencia previstos en kilómetros por litro.

En abril de 2004 fue implementado un programa de certificación de eficiencia en el uso de combustible de los vehículos. En virtud de este programa, los vehículos se clasifican de acuerdo a su combustible en cuatro

niveles: los vehículos que llegaban al objetivo fijado por el gobierno y los que superaban esa meta en un 5%, 10% y 20%. Los fabricantes deben adjuntar la etiqueta de certificación en las ventanas traseras de los vehículos.

Por otra parte, en un esfuerzo para hacer frente a los problemas ambientales globales y locales, en el año 2001 se crearon incentivos fiscales tanto para los vehículos menos contaminantes y un aumento de impuestos para los vehículos mayores de 11 años. Los umbrales de certificación se ajustan cada dos años para acelerar la producción de vehículos más eficientes y más limpios. La certificación está basada en el rango de peso de los vehículos.

#### ***A4-2.3. Unión Europea***

En la Unión Europea se ha avanzado desde marzo del 2009 en la implementación de normas de eficiencia en el uso del combustible en forma de normas de emisiones de CO<sub>2</sub>.

En diciembre de 1995, la Comisión Europea propuso una estrategia para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos de pasajeros hacia un objetivo medio de eficiencia de combustible de 120 g de CO<sub>2</sub>/km, a partir de 2005.

A finales de 1990, la Comisión Europea realizó acuerdos con la Asociación de Fabricantes de Automóviles Europeos, y las homónimas de Japón y Corea del Sur, para el logro de este objetivo común para los autos vendidos en Europa. El problema de la distribución de la carga del objetivo entre los diferentes fabricantes se dejó a criterio de cada asociación. Según datos de la Comisión Europea (2008), en los hechos las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos se redujeron de 172 g/km a 153 g/km en el período de 2000 a 2008, y la comisión declaró que "la estrategia había traído solo un progreso limitado hacia el logro del objetivo de 120 g de CO<sub>2</sub>/km en 2012" y que "la revisión de la estrategia ha llegado a la conclusión de que los compromisos voluntarios no han tenido el éxito suficiente y que el objetivo de 120 g/km no se cumplirá a tiempo sin medidas adicionales".

Como resultado, en abril de 2009 la Unión Europea adoptó una reglamentación comunitaria para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de los vehículos de pasajeros (UE, 2009).

De esta forma las emisiones promedio de los nuevos vehículos de pasajeros vendidos en la Unión Europea debían llegar en el 2015 a los 120 gr CO<sub>2</sub>/l. Las mejoras en la tecnología de los motores reduciría la media a no más de 130 g de CO<sub>2</sub>/km, mientras que medidas complementarias contribuirían a la reducción adicional de 10 g de CO<sub>2</sub>/km. Estas medidas complementarias incluyen mejoras en la eficiencia tales como mejoras tecnológicas en neumáticos, sistemas de aire acondicionado y una reducción gradual en el contenido de carbono fósil de los combustibles mediante un mayor uso de biocombustibles.

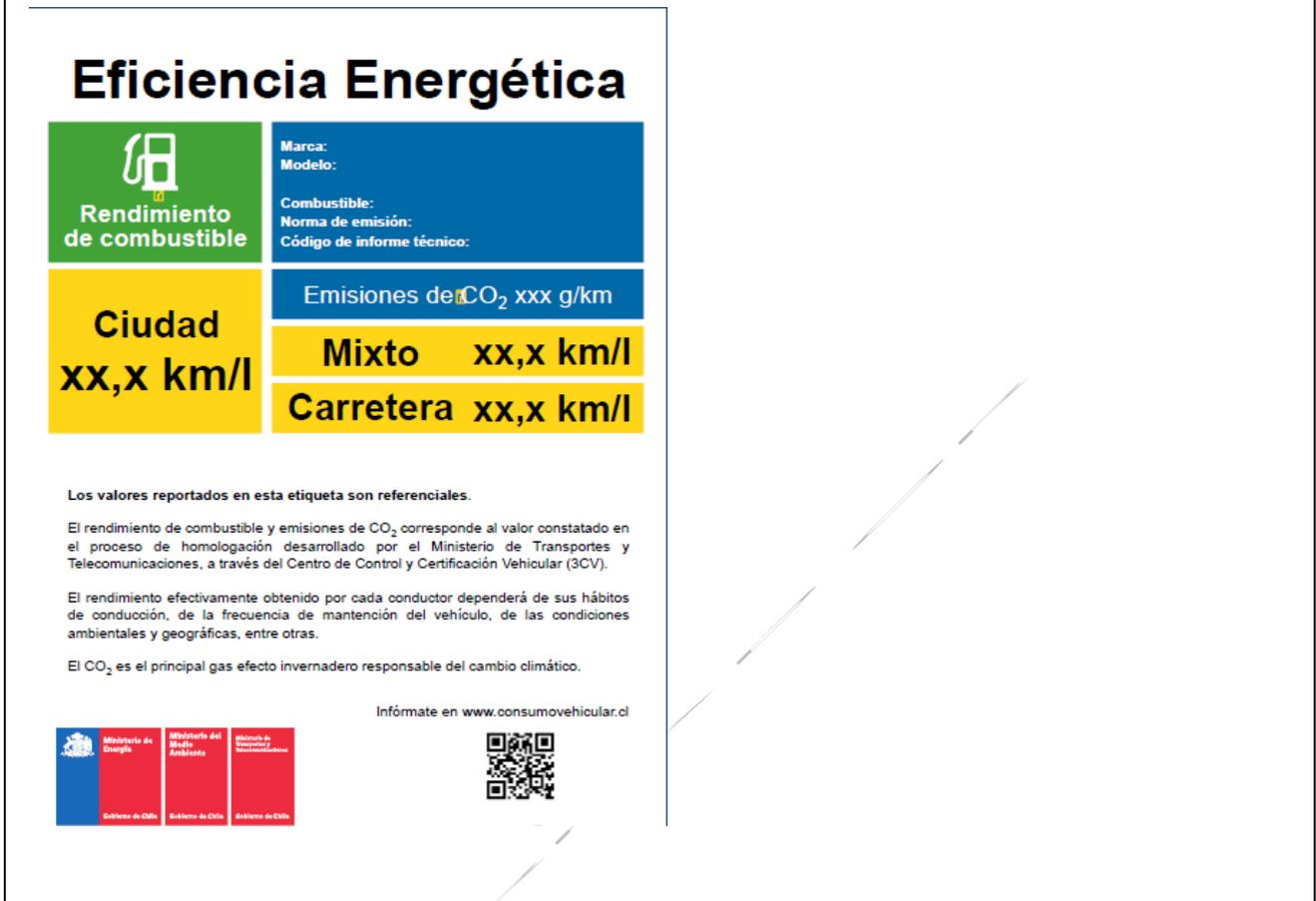
En cuanto al etiquetado, la directiva de la UE 1999/94 /CE (UE, 1999), adoptada en 1999, ofrece a los países de la Unión la autoridad para requerir etiquetas obligatorias que indiquen información sobre eficiencia de uso del combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos de pasajeros vendidos dentro de la UE, lo que permitiría a los compradores tomar una decisión informada.

#### ***A4-2.4. Chile***

Chile es probablemente el país de la región más avanzado en el tema de control de emisiones vehiculares, producto de los problemas serios de calidad del aire que se generan en su ciudad capital Santiago de Chile por las condiciones orográficas y meteorológicas que favorecen la concentración de contaminantes atmosféricos. Estas capacidades nacionales originalmente enfocadas en la emisión de contaminantes facilitaron el desarrollo de regulaciones en eficiencia energética vehicular.

El gobierno chileno aprueba en 2012 (Ministerio\_de\_Energía\_de\_Chile, 2012) el formato para la confección y especificaciones para la exhibición de la etiqueta de consumo energético para vehículos motorizados livianos, según se ilustra en la [Figura A4-5](#). El etiquetado obligatorio entró en vigencia en febrero de 2013.

**Figura A4-5: Etiqueta de eficiencia energética vehicular obligatoria desde febrero de 2013 en Chile para vehículos livianos.** Fuente: (Ministerio\_de\_Energía\_de\_Chile, 2012)



Esta exitosa campaña del gobierno chileno es apoyada por cortos publicitarios en los programas de mayor audiencia y una página web que brinda información e inclusive ayuda al comprador a realizar su compra en función de la eficiencia en el uso del combustible y en las emisiones de CO<sub>2</sub> de cada modelo de auto particular (Ministerio\_de\_Energía\_de\_Chile, 2012).

## ANEXO 5: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA PARA EL ANÁLISIS DEL SECTOR ENERGÍA E INDUSTRIA

### A5-1. Política Energética 2030, Marco Regulatorio Eléctrico y Planes 2013-2033

Dentro de los objetivos particulares incluidos en la estructuración del eje de la oferta en la Política Energética 2030 que más atañen a este informe se pueden mencionar:

- **Objetivo 3:** Dado que el país cuenta con fuentes de energía renovables abundantes y que permiten generar energía a costos de mercado, se impulsará la introducción de aquellas formas de energía que no necesitan subsidios, como la eólica de medio y gran porte, la biomasa, la solar térmica, el uso de ciertos residuos, la micro hidráulica, y la producción de ciertos biocombustibles, aunque se ensayarán también, a través de experiencias piloto acotadas, otras formas de aprovechamiento energético renovable.
- **Objetivo 9:** Mantener un trabajo permanente de prospectiva tecnológica de manera que el país se encuentre preparado para incorporar nuevas formas de energía (biocombustibles de segunda y tercera generación, hidrógeno, energía undimotriz, energía geotérmica, energía solar fotovoltaica y de concentración, etc.). Como se verá seguidamente, en conjunción con diversos hallazgos y análisis, han posibilitado la selección de las formas de generación renovable no convencionales seleccionadas a los efectos del ENT uruguayo.

#### Metas de corto plazo (2015):

La participación de las fuentes autóctonas renovables alcanza el 50% de la matriz de energía primaria total. En particular: La participación de las fuentes renovables no tradicionales (eólica, residuos de biomasa y micro generación hidráulica) llega al 15% de la generación de energía eléctrica.

- Al menos el 30% de los residuos agroindustriales y urbanos del país se utilizan para generar diversas formas de energía, transformando un pasivo medioambiental en un activo energético.
- Ha disminuido un 15% el consumo de petróleo en el transporte, en comparación con el escenario tendencial, mediante el impulso de nuevos modos, medios, tecnología y fuentes.
- Se ha ampliado la universalización en el acceso a la energía hasta alcanzar, en particular, el 100% de electrificación del país mediante una combinación de mecanismos y fuentes.
- La cultura de la Eficiencia Energética ha permeado a toda la sociedad.
- El país cuenta con empresas nacionales produciendo insumos energéticos y desarrollando procesos energéticamente eficientes.

#### Metas al mediano plazo (2020):

- Se alcanza el nivel óptimo en relación al uso de energías renovables, en particular energía eólica, biomasa, solar térmica y biocombustibles.
- Se alcanza el equilibrio en relación al uso de residuos para generar energía.
- El uso del gas natural en la matriz energética global ha alcanzado su nivel de estabilidad y sustentabilidad.
- La refinería de La Teja ha culminado su proceso de modernización; en particular, es capaz de procesar crudos pesados.
- Se ha logrado la integración vertical de ANCAP.
- Ha culminado la exploración del territorio nacional en búsqueda de energéticos.
- El país ha desarrollado planes piloto mediante el uso de nuevas fuentes de energía y/o tecnologías en desarrollo.
- El consumo de energía del país ha disminuido 20% en relación al escenario tendencial, mediante una combinación de acciones que promueven la Eficiencia Energética.
- Se ha logrado un acceso adecuado a la energía para todos los sectores de la sociedad.

- El país cuenta con empresas líderes a nivel regional, produciendo insumos energéticos y desarrollando procesos que promueven la Eficiencia Energética.

#### **Metas de largo plazo (2030):**

- El modelo energético uruguayo es modelo a nivel mundial; en particular, la intensidad energética del país es una de las mejores del mundo.
- El país ha ahorrado al menos diez mil millones desde 2010 por sustitución de fuentes y promoción de la Eficiencia Energética, en relación al escenario tendencial.
- El país cuenta con empresas líderes a nivel mundial, produciendo insumos energéticos y desarrollando procesos que promueven la Eficiencia Energética.
- El país es líder en el uso de determinadas fuentes y en el desarrollo de determinadas tecnologías y procesos energéticos.
- Se ha alcanzado la integración energética regional; en particular, existen proyectos bi y tri nacionales en funcionamiento.

Finalmente, para completar la descripción del ámbito político regulatorio se menciona la Ley 16.832 del Marco Regulatorio Eléctrico (Poder Legislativo ROU, 1997) que fue aprobada en setiembre de 1997 y ratificada por la ciudadanía en un referéndum en el año 1998. Las principales modificaciones que trajo aparejada esta ley fueron:

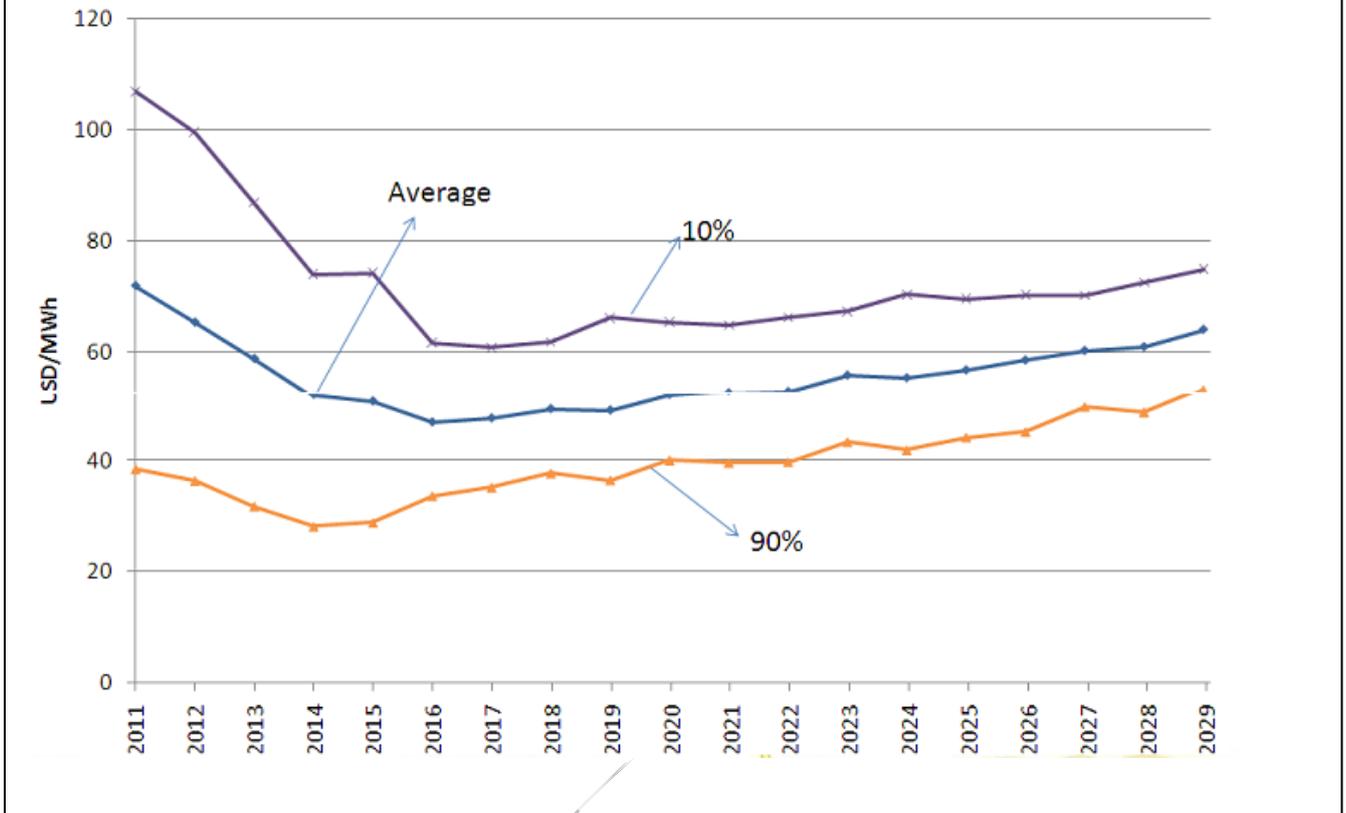
- Se estableció la libertad de generación de energía, habilitando el ingreso de privados a la misma y se creó un mercado mayorista de energía eléctrica (MMEE).
- Se estableció la libertad de distribución de energía, aunque de hecho, la empresa estatal UTE es la única que opera en este mercado.
- Liberalización del comercio con la región, se habilita contratos entre generadores y usuarios de Uruguay y Argentina, por ejemplo.
- Permite a la empresa eléctrica estatal UTE asociarse con otras empresas.
- Se separan las funciones de Estado regulador de las empresas propiedad del Estado (ver sección 8 de la ley).

Los planes para los próximos 20 años contienen las siguientes líneas de acción, que complementan a las de eficiencia energética, redes inteligentes e integración regional:

- Continuar incorporación eólica, al máximo técnicamente viable (2013 - 2033)
- Incorporación de generación y cogeneración con diferentes tipo de biomasa (2013 – 2020)
- Incorporación generación solar (2017 – 2033)
- Incorporación de almacenamiento (2020 – 2033)
- Incorporación de almacenamiento (2020 – 2033)
- Complemento mediante ciclos combinados con gas natural

El escenario proyectado con estas líneas de acción tiene un fuerte impacto en la reducción de los costos de la energía eléctrica, así como también en la dependencia de éstos a las condiciones climáticas. Como puede observarse en la [Figura A5-1](#), los resultados de la modelación muestran que el costo promedio de la energía eléctrica pasa de 73 US\$/MWh en 2011 a 43 US\$/MWh en 2016, en tanto que para los mismos años el rango de precios entre las condiciones de bajas y altas precipitaciones se reduce de 69 US\$ a 25 US\$.

**Figura A5-1: Evolución del precio de la energía eléctrica en función de precipitaciones anuales.** Fuente: (García, 2013)



En el país existe un marco regulatorio orientado al desarrollo del sector renovable, al aumento de la participación privada en generación de energía eléctrica y al aumento de las inversiones en el sector. El

Decreto 354 de 2009 (MIEM - MEF, 2009) otorga incentivos tributarios específicos para el sector de energías renovables a partir del artículo N°11 de la Ley de Promoción y Protección de Inversiones (Poder Legislativo ROU, 1998). El artículo primero del decreto señalado declara promovidas las siguientes actividades:

- Generación de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables no tradicionales. Generación de energía eléctrica a través de cogeneración.
- Producción de energéticos proveniente de fuentes renovables.
- Transformación de energía solar en energía térmica.
- Conversión de equipos y/o incorporación de procesos, destinados al uso eficiente de la energía.
- Prospección y exploración de minerales según lo que establece la Ley 15.242.
- Servicios brindados por Empresas de Servicios Energéticos (ESCOs) registradas en la DNE y calificadas como categoría A.
- Fabricación nacional de maquinarias y equipos con destino a las actividades mencionadas anteriormente.

En este marco, establece la exoneración del Impuesto a la Renta de las Actividades Económicas cuando la energía eléctrica sea vendida en el mercado de contratos a término, según el siguiente calendario: 90% de la

renta hasta 1/12/2017, 60% de la renta entre 1/01/2018 y 31/12/2020 y 40% de la renta entre 1/01/2021 y 31/12/2023.

## **A5-2. Descripción de las energías renovables a nivel mundial**

Según información publicada por REN21 (REN21, 2015) en el Reporte de Estado Mundial para 2015, en los últimos años ha habido una creciente conciencia mundial de que las energías renovables y la eficiencia energética son fundamentales no sólo para hacer frente al cambio climático, sino también para la creación de nuevas oportunidades económicas y para proporcionar acceso a la energía a los miles de millones de las personas que aún viven sin ella. Durante la última década, y en particular en los últimos años, los avances tecnológicos en la generación con fuentes renovables, han conducido a rápidas reducciones de costos (en especial para el caso de la energía eólica y la fotovoltaica), y por lo tanto, a aumentos globales en la capacidad instalada

Las energías renovables continuaron creciendo en 2014, en contra de un dramático descenso en los precios del petróleo durante la segunda mitad del año. En ese año, las energías renovables se expandieron significativamente en términos de capacidad instalada superando las inversiones netas en centrales eléctricas térmicas a base de combustibles fósiles. Las energías renovables representaron aproximadamente el 58,5% de la construcción de capacidad instalada a nivel global en el 2014, con un crecimiento significativo en todas las regiones. Este rápido crecimiento fue dominado por tres tecnologías: eólica, solar fotovoltaica, e hidroeléctrica.

El crecimiento ha sido impulsado por varios factores, incluyendo políticas de apoyo y mejoras del costo-competitividad de la energía procedente de fuentes renovables frente a las fósiles. En muchos países, las energías renovables son ampliamente competitivas con las fuentes de energía convencionales. Al mismo tiempo, el crecimiento continúa siendo ralentizado por los subsidios otorgados a los combustibles fósiles y la energía nuclear, en particular en países en desarrollo.

Aunque Europa sigue siendo un mercado importante y un centro de innovación, la utilización de energías renovables continuó expandiéndose hacia otras regiones. En 2014, China lideró mundialmente en cuanto a capacidad instalada, al mismo tiempo que Brasil, India y Sudáfrica representaron un porcentaje mayoritario de generación con renovables en sus respectivas regiones, no solo a nivel de capacidad instalada, sino también en fabricación e instalación.

A pesar del sostenido aumento del consumo de energía a nivel mundial, por primera vez en cuatro décadas, las emisiones de carbono se mantuvieron estables en 2014, mientras que la economía mundial creció. Esta estabilización ha sido atribuida a una mayor penetración de las energías renovables y también por mejoras obtenidas a nivel de eficiencia energética.

En el 2013 las energías renovables soportaron el 19,1% del consumo mundial de energía y el crecimiento en la capacidad y generación siguió expandiéndose en 2014. Capacidad de calefacción doméstica y generación de calor en la industria a partir de fuentes renovables creció a un ritmo constante, así como también la producción de biocombustibles para el transporte, incrementándose por segundo año consecutivo, tras una desaceleración en el período 2011-2012.

A principios de 2015, al menos 164 países tenían objetivos nacionales de generación de energía con fuentes renovables, y se estima que de ese total, 145 países tenían algún tipo de apoyo a nivel de políticas públicas. Las tendencias más recientes dentro de estas políticas incluyen la fusión de los componentes de diferentes mecanismos: una unión creciente entre los sectores de la electricidad, transporte, generación de calor y el desarrollo de mecanismos innovadores para ir integrando los avances tecnológicos en la materia.

Además de los mecanismos tradicionales de apoyo, los bancos verdes y los bonos verdes representan opciones innovadoras que están ganando el apoyo de los responsables políticos.

En los países en vías de desarrollo, los sistemas de generación de energías renovables localizados próximos a centros de consumo, ofrecen una oportunidad sin precedentes para reducir costos de distribución y aumentar el acceso de la energía. Esto es notable para el caso de la energía fotovoltaica. Las principales barreras para estos desarrollos fueron el acceso al financiamiento.

Sin embargo, el crecimiento de la capacidad de las energías renovables, así como las mejoras en la eficiencia energética, están por debajo de las tasas necesarias fijadas por las Naciones Unidas (SE4All, 2015) con el objetivo de duplicar la generación con renovables para el año 2030.

A continuación se describe brevemente la situación actual a nivel mundial de las energías renovables que, de acuerdo a los criterios indicados anteriormente, resultan de mayor interés para este proyecto ENT.

#### ***A5-2.1. Energía Oceánica***

Existen diferentes formas de obtener energía eléctrica del mar (EC, 2012). Entre las más estudiadas se encuentran la energía mareomotriz (aprovechar las subas y bajas de marea para turbinar las aguas a partir de muros de contención construidos en el mar), la undimotriz (la contenida en la energía cinética de las olas), la energía osmótica (aprovechando el gradiente salino en el mar a diferentes profundidades) y la energía térmica (aprovechando el gradiente térmico del mar a diferentes profundidades). Estas dos últimas están en una etapa experimental, claramente pre comercial, por lo que no se incluirán en este análisis.

Con respecto a la generación mareomotriz a nivel mundial, se mantuvo en alrededor de 530 MW en 2014, no constatándose ningún otro desarrollo comercial significativo.

A nivel de generación undimotriz, prácticamente todas las - instalaciones estaban en alguna forma de proyectos piloto o de demostración. Las dos empresas más prominentes en desarrollos undimotrices a nivel mundial, tuvieron fuertes reveses económicos en este último año.

En el 2013, fue creado el Foro de la Unión Europea de Energía Oceánica (OEE, 2015) con el objetivo de resolución de las barreras más fuertes para su desarrollo y para fomentar la cooperación en temas de energía oceánica.

#### ***A5-2.2. Energía Geotérmica***

En el 2014, entraron en funcionamiento 640 megavatios (MW) de nueva capacidad de generación geotérmica, para un total aproximado de 12.8 gigavatios (GW) de capacidad instalada a nivel mundial. La mayor parte de estos desarrollos se verificaron en Kenia, lo que subraya el crecimiento del énfasis en la energía geotérmica en África oriental. A nivel mundial, en los últimos cinco años, la capacidad total de generación de energía eléctrica ha crecido a un promedio de tasa anual de 3.6%, y la capacidad calorífica a un estimado de 5.9%. De todas formas, la industria geotérmica sigue haciendo frente a importantes riesgos para su desarrollo, por lo que varios países en desarrollo y desarrollados vienen aunando esfuerzos para solventarlos.

#### ***A5-2.3. Energía Solar de Concentración (CSP, por Concentrated Solar Power)***

El mercado de la energía SC es uno de los menos consolidados dentro de las energías renovables. No obstante, en la última década, el sector continuó su fuerte crecimiento con un aumento de la capacidad total en un 27% (4,4 GW total a nivel global). Aunque las plantas cilindro-parabólicas continuaron representando la mayor parte de la capacidad existente, el 2014 fue un año notable por la diversificación de las tecnologías en operación. Con tres plantas cilíndrico parabólicas de 50 MW cada una y las primeras plantas comerciales con tecnología de torre de 11 y 20 MW en Sanlúcar La Mayor (Sevilla, Andalucía) son ejemplos que muestran el liderazgo de España en la materia (Abengoa, 2014). Sin embargo, en 2014 sólo Estados Unidos y la India pusieron en funcionamiento nuevas centrales de energía SC, en tanto que en diversas regiones como Marruecos o Sudáfrica se continúan tareas de planificación y construcción. A un nivel menor que para el caso de la energía solar fotovoltaica, los avances tecnológicos están haciendo bajar los costos de fabricación e instalación.

#### ***A5-2.4. Energía Solar Fotovoltaica (SFV)***

A partir del 2013 el mercado de la energía SFV se recuperó y expandió, gracias a importantes avances tecnológicos que han hecho caer los costos de fabricación de paneles solares y otros dispositivos de captación. Esto ha hecho que esta fuente renovable esté empezando a jugar un papel importante en la matriz energética de algunos países, que posean amplias zonas de desierto con adecuada irradiación solar, inclusive

compitiendo de forma no subsidiada contra las fuentes fósiles tradicionales. Los ejemplos más notables son California en EE.UU y también China. En estos dos países, y también en Japón, representaron la mayor capacidad instalada en cuanto a renovables en el 2014. Otras regiones como Sudamérica, África y Medio Oriente están acompañando este proceso a un ritmo menor. A nivel europeo, se observó un crecimiento negativo por tercer año consecutivo, a excepción de Alemania, que lidera a nivel continental. En 2014, la energía SFV marcó otro año récord de crecimiento, con un estimado de 40 GW de capacidad instalada, para una capacidad global total de aproximadamente 177 GW.

La recuperación solar industria fotovoltaica comenzó en 2013 continuó en 2014, gracias a un fuerte mercado global y los mencionados avances tecnológicos que redujeron sensiblemente los costos de fabricación. La consolidación entre fabricantes continuó, a pesar de la avalancha de quiebras constatadas en los últimos años.

### **A5-3. Principales inversiones en el Sector Energía y estado de desarrollo de las Energías Renovables en Uruguay.**

#### ***A5-3.1. Planta Regasificadora***

A través de este proyecto Uruguay introducirá el gas natural a gran escala con el fin de diversificar su matriz energética y complementar la fuerte introducción de energías renovables. Para llevarlo adelante, las empresas estatales UTE y ANCAP crearon la empresa Gas Sayago S.A. (ANCAP, 2014), encargada de contratar al proveedor de servicios que construya, opere y mantenga la terminal de gas natural licuado (GNL) y que preste los servicios de recepción, almacenamiento, entrega y regasificación.

Las obras se localizan en Puntas de Sayago y consistirán en una escollera, una terminal de recepción, almacenamiento y regasificación de gas natural licuado (GNL), un gasoducto subacuático para enviar el gas hasta tierra y un gasoducto terrestre para enviar el gas hasta el entronque con el gasoducto existente.

Se había previsto la finalización de las obras para Abril del 2015, pero han surgido demoras y se espera que al menos la finalización se dilate al menos un año más.

#### ***A5-3.2. Plantas de biodiesel y bioetanol de ALUR***

La empresa público-privada Alcoholes del Uruguay (ALUR) (ALUR, 2015) finalizó en 2013 la construcción de una planta de biodiesel en Capurro que aumentará la producción del combustible en 55 millones de litros. Esto llevará a que la producción total sea de 76 millones de litros en el corto plazo.

Por su parte, la empresa también está construyendo una nueva planta de etanol que permitirá sustituir al menos 10% de las naftas que consume el país. La planta producirá 70 millones de litros de etanol al año y 60 millones de kilos de alimento animal rico en proteínas. El principal insumo para la obtención del combustible será el sorgo, aunque la planta podrá funcionar con maíz, trigo y cebada.

#### ***A5-3.3. Central de ciclo combinado en Punta del Tigre***

A fines de 2012 UTE firmó un contrato con la empresa surcoreana Hyundai Engineering & Construction (HDEC) adjudicándole la construcción y el mantenimiento (por siete años) de una segunda terminal térmica de ciclo combinado en Punta del Tigre (Presidencia, 2015).

En 2016 estarán operativas las primeras unidades de la Central de Ciclo Combinado de Punta del Tigre. La planta construida tendrá una capacidad de 530 megavatios de potencia e incorporará las últimas tecnologías para producir energía eléctrica desde el punto de vista térmico. La inversión total estimada de la obra ronda los 550 millones de dólares y contribuirá a diversificar la matriz energética del país, mitigando la vulnerabilidad energética ante años de escasa hidráulidad.

#### ***A5-3.4. Interconexión energética con Brasil (convertora de frecuencias y tendido de redes)***

Adicionalmente a estos proyectos asociados al desarrollo energético, se construyó una convertora de frecuencias energéticas en Melo (de 50/60Hz) conjuntamente con un tendido de redes importante, para poder comunicar las redes de Presidente Medici en Brasil con San Carlos (Uruguay) (Presidencia, 2014). El

proyecto total supone una inversión de US\$ 300 millones y se realiza con un aporte de US\$ 80 millones del Fondo de Convergencia Estructural del MERCOSUR (FOCEM).

La red eléctrica de Uruguay ya se conectaba a la Argentina (2.000 MW de capacidad de interconexión), y con estas interconexiones son suficientes para satisfacer las necesidades de importación de energía de Uruguay y a su vez canalizar los eventuales excedentes hidroeléctricos de Uruguay a las redes de estos países.

#### **A5-4. Fuentes renovables firmemente establecidas en el país.**

Seguidamente se describirá el estado actual y desarrollos previstos a corto plazo para dos tipos de energías renovables que en los últimos años han logrado gran desarrollo y de las cuáles se esperan promisorios avances en el corto plazo: la energía eólica y por quema de biomasa. Si bien su aporte a la reducción de GEI y el desarrollo sostenible del país es incuestionable, su nivel actual de desarrollo asociado al estado de arte tecnológico de que disfrutan, no las hacen prioritarias para ser consideradas dentro de la ENT para Uruguay.

##### **A5-4.1. Generación de energía a partir de Biomasa**

En la actualidad, la capacidad instalada en funcionamiento en Uruguay autorizada a suministrar energía a la red asciende a 396,7 MW, según se ilustra en la [Tabla A5-1](#). A su vez se espera que en el corto plazo se incorporen nuevos emprendimientos, como se muestra en la [Tabla A5-2](#).

**Tabla A5-1: Emprendimientos de generación por biomasa en funcionamiento y autorizados a suministrar energía a la red uruguaya.** Fuente: (ProBio, 2015)

Nombre	Origen del Inversor	Inversor	Potencia Autorizada (MW)
UPM S.A.	Finlandia	UPM-Kymmene Oyj	161
Fenirol	Uruguay / Grecia	Consorcio de grupos inversores	10
Las Rosas	Uruguay	Consorcio Aborgama - Ducelit - I.M.Maldonado - UTE – PNUD	1,2
Weyerhaeuser S.A	E.E.U.U.	Weyerhaeuser	12
ALUR S.A.	Uruguay/Venezuela	ANCAP - PDVSA	10
Bioener S.A.	Uruguay	Grupo Otegui	12
Galofer S.A.	Uruguay/Brasil	Consorcio de 5 molinos arroceros	14
Liderdat S.A.	Uruguay	Grupo Azucarlito	5
PONLAR S.A.	Uruguay		7,5
Punta Pereira S.A.	Suecia- Finlandia - Chile	Montes del Plata	164
<b>Total</b>			<b>396,7</b>

**Tabla A5-2: Proyectos de generación por biomasa presentados ante la DNE, con miras a comenzar su generación en el corto plazo, en el marco del Decreto 367/010.** Fuente: DNE

Nombre oferente	Componentes nacionales %	Departamento	Potencia autorizada (MW)
Bioenergy S.A.	55 %	Tacuarembó	43
Lanas Trinidad	31 %	Flores	0,36
<b>TOTAL</b>			<b>43,366</b>

##### **A5-4.2. Generación de Energía Eólica**

Actualmente el país cuenta con diez emprendimientos públicos y privados que vuelcan a la red 211 MW, lo que se puede observar en la [Tabla A5-3](#). A su vez en la [Tabla A5-4](#) se listan los emprendimientos que en el corto plazo comenzarían a volcar su producción de energía en la red nacional. Debe tenerse en cuenta que al tratarse de un sector muy dinámico, los datos de las tablas anteriores se actualizan frecuentemente, y es factible encontrar diferencias con otras fuentes de información. Como se puede apreciar el desarrollo de la

energía eólica ha alcanzado un estado de madurez y real importancia dentro de la matriz energética, donde se espera que en el mediano plazo pueda acercarse al volumen de generación hidroeléctrica, la principal fuente de energía renovable actual del país.

**Tabla A5-3: Emprendimientos de generación eólica actualmente en operación.** Fuente: DNE

Nombre	Origen del Inversor	Departamento	Inversor	Potencia Instalada (MW)
Nuevo Manantial	Argentina	Rocha	Grupo Bulgheroni	18
Agroland	Argentina	Maldonado	Grupo Bulgheroni	0,45
Kentilux S.A.	Uruguay	San José	Particular	17,2
Caracoles 1	Uruguay	Maldonado	UTE	10
Caracoles 2	Uruguay	Maldonado	UTE	10
Engraw	Uruguay	Florida	Particular	3,6
Blengio	Uruguay	San José	Particular	1,8
R del Sur	España	Maldonado	Particular	50
Palmatir	-	Tacuarembó	Particular	50
Luz de Rio	Uruguay	Florida	Particular	50
<b>Total</b>				<b>211,1</b>

**Tabla A5-4: Emprendimientos de generación eólica que comenzarán su operación en el corto plazo.** Fuente: DNE

Empresa	Potencia a instalar (MW)	Parque	Departamento	Convocatoria
Luz de loma	20	Pintado II	Florida	77/007
Libertador 1	15	Libertador II y III	Lavalleja - Maldonado	77/008
Fingano	50	Carapé	Maldonado	403/009
Jistok	50	Libertador I	Lavalleja - Maldonado	403/009
Ensol - luz de mar	18	Pintado I	Florida	77/006
Gemsa	42	Minas I	Lavalleja	159/011
Aguas leguas	100	Peralta I y II	Tacuarembó	159/011
Polesine	50	Florida I	Florida	424/011
Estrellada	50	Melowind	Cerro Largo	424/011
Molino de Rosas	50	Molina de Rosas	Maldonado	424/011
Astidey	50	Talas de Maciel I	Flores	424/011
Noukar	50	Libertador IV	Lavalleja	424/011
Vientos de Pastoreale	49,2		Flores	424/011
Grupo Cobra Uruguay	48,6	Kiyú	San José	424/011
Vengano	40	Carapé II	Maldonado	424/011
Darinel	50	Sierra de las ánimas	Maldonado	424/011
Ladaner	50		Cerro Largo	424/011
Cadonal	50	Peralta II	Flores	424/011
<b>TOTAL</b>	<b>832,8</b>			

En relación a la energía solar fotovoltaica, el primer pequeño proyecto piloto demostrativo del país (denominado “Ashai”) se inauguró en marzo de 2013, con una capacidad de generación de 0,5 MW, instalado en Salto y financiado por el Gobierno Japonés (Embajada del Japón en Uruguay, 2013). Sin embargo, según datos de la DNE, en el corto plazo se incorporarían importantes desarrollos en el norte del país por un total de aproximadamente 240 MW de energía solar fotovoltaica, según se ilustra en la [Tabla A5-5](#).

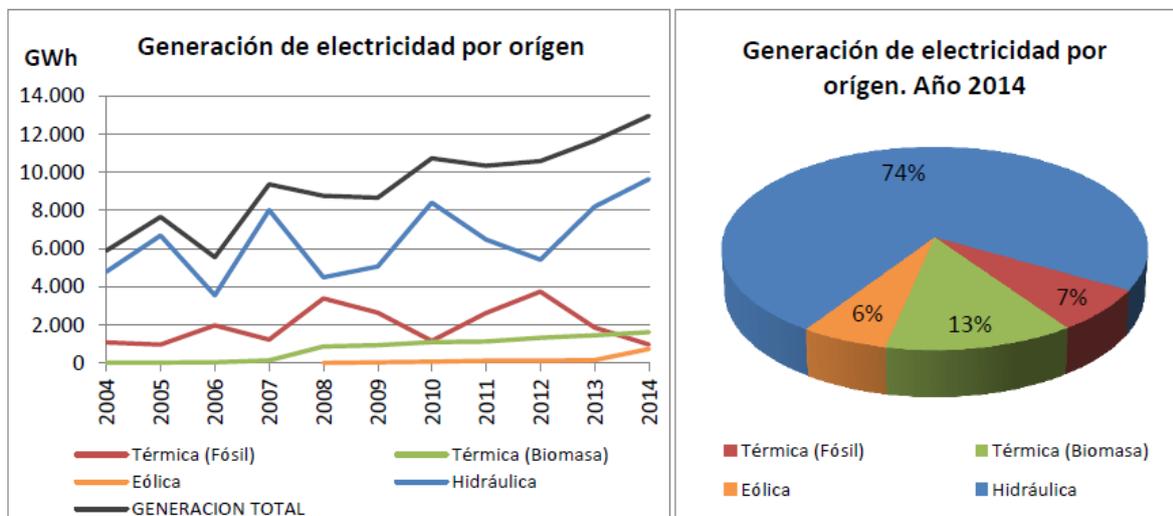
**Tabla A5-5: Desarrollos de generación de energía solar fotovoltaica previstos para entrar en operación en el corto plazo.** Fuente: DNE

Empresa	Potencia ofertada (MW)	Departamento	Convocatoria
Colidim S.A.	50	Salto	D133/013
Jolipark S.A.	16	Paysandú	D 133/013
Giacote S.A.	50	Artigas/ Tacuarembó/ Rivera/ Río Negro	D 133/013
FRV B.V.	50	Salto	D 133/013
San Javier Solar Farm	7,7	Río Negro	D 133/013
Yarnel S.A.	10	Paysandú	D 133/013
Natelu S.A.	10	Paysandú	D 133/013
Petilcoran S.A.	9,5	Paysandú	R 13.-1319
Femina S.A.	9,5	Paysandú	R 13.-1320
Dicano S.A.	11,25	Paysandú	R 13.-1316
Casalko S.A.	1,75	Paysandú	R 13.-1318
Raditon S.A.	8	Paysandú	R 13.-1317
Vignano S.A.	1	Paysandú	D 133/013
Edelbon S.A.	1	Paysandú	D 133/013
Transferi S.A.	1	Paysandú	D 133/013
<b>TOTAL</b>	<b>236,68</b>		

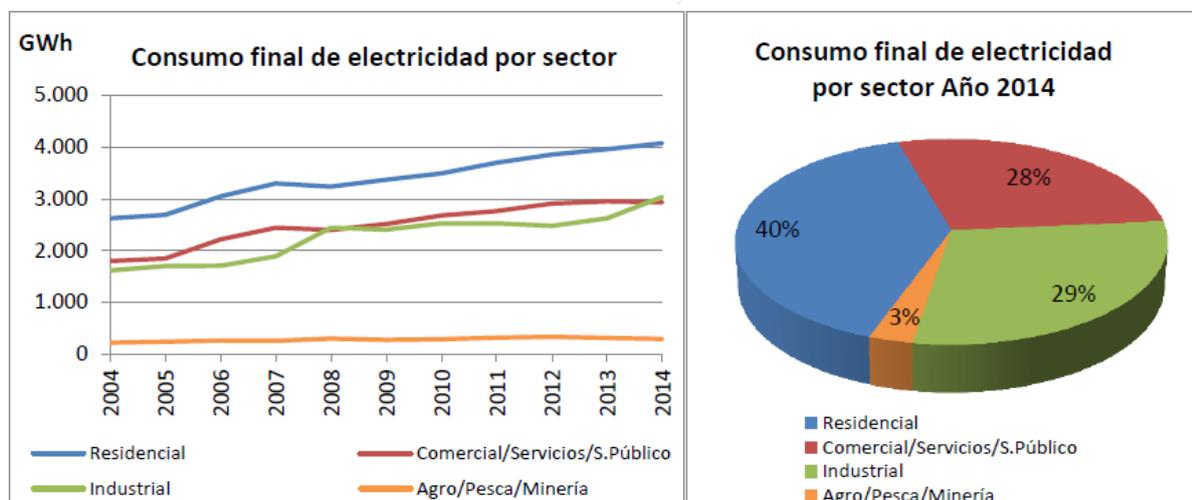
Como resultado de los mencionados desarrollos, la generación de energía eléctrica tiene un grado de participación de energías renovables que pocos países pueden equiparar, superando el 90% en 2014, como puede verse en la [Figura A5-2](#). Según los últimos datos que se dispone este balance (MIEM, 2015), en lo que refiere a la generación de energía eléctrica, la potencia instalada es de 2.707,3 MW, compuesta por 1.539 MW de hidráulica; 1.124,8 MW de térmica, y 43,5 MW de eólica. Considerando la potencia instalada por tipo de fuente, el 68% es renovable (hidráulica, biomasa y eólica) y el 32% no renovable (gas oil, fuel oil y gas natural). El consumo eléctrico nacional por sector que se muestra en la [Figura A5-3](#) permite visualizar cómo el empleo de energías renovables en la generación eléctrica es transversal a otros sectores.

En los gráficos de barras de la [Figura A5-3](#) se muestra cómo evolucionó temporalmente la potencia instalada y la generación de energía eléctrica para las distintas fuentes, y puede verse claramente el efecto de las políticas en el crecimiento exponencial de la eólica y fotovoltaica. No obstante, y según un estudio publicado por Uruguay XXI (Uruguay XXI, 2014), el cambio más significativo observado en la matriz energética estuvo asociado principalmente a la mayor utilización de biomasa, que en el período 2009-2012 generó aproximadamente 30% de la energía, cuando tradicionalmente participaba en menos de 20% en la matriz de abastecimiento. Este aumento en la participación tuvo como causa principal la puesta en funcionamiento de la planta de celulosa de UPM, que supuso la inversión más grande en la historia del país en dicho momento. A partir de 2014 se produce un nuevo cambio, asociado a la entrada en funcionamiento de la segunda planta de celulosa de la empresa Montes del Plata.

**Figura A5-2: Generación eléctrica en Uruguay, período 2004-2014.** Fuente: (MIEM, 2015)

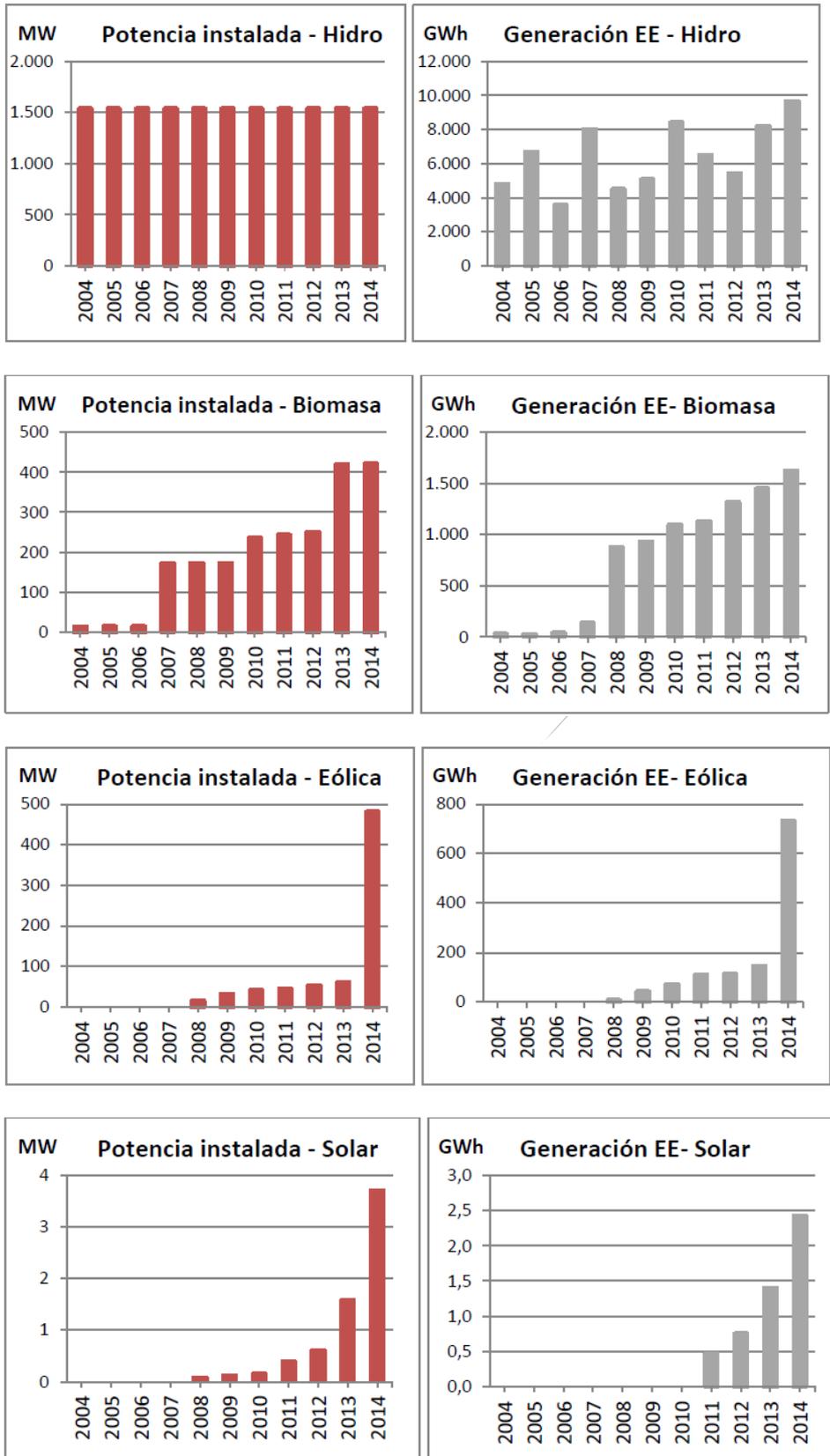


**Figura A5-3: Consumo final de electricidad por sector; período 2004-2014.** Fuente: (MIEM, 2015)



**Figura A5-4: Evolución de la potencia instalada y generación de energía eléctrica por renovables.**

Fuente: (MIEM, 2015)

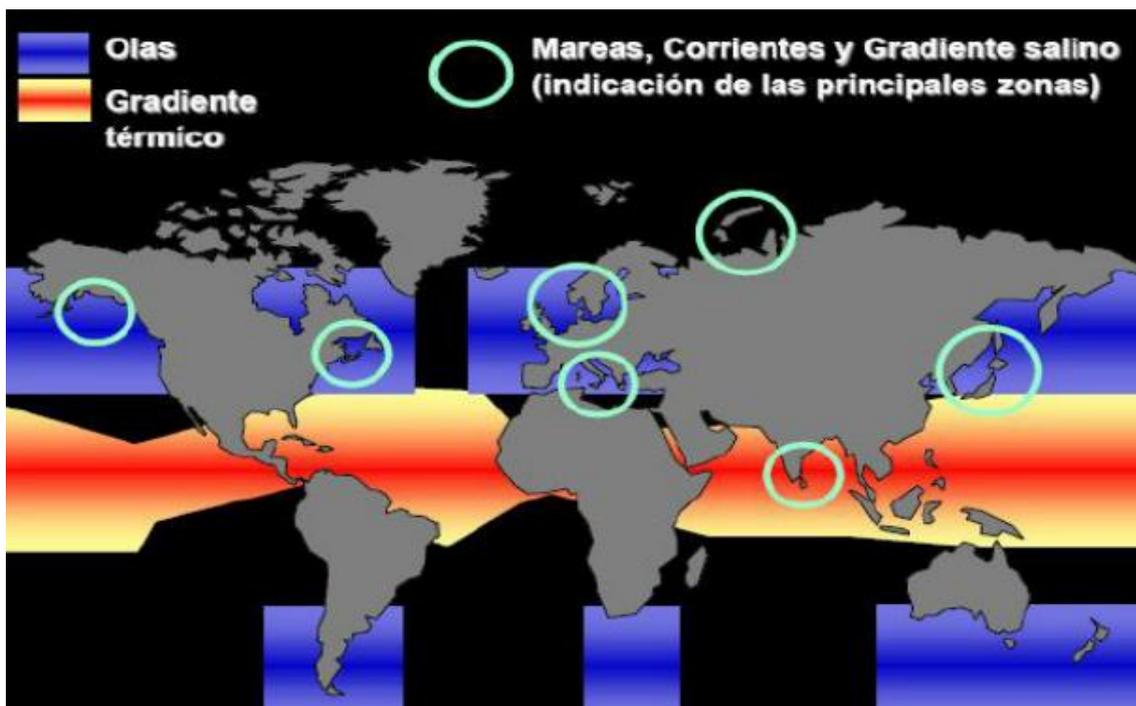


## A5-5. Potencial de las energías undimotriz, geotérmica y solar de concentración para Uruguay

### A5-5.1. Potencial de la energía undimotriz para Uruguay

La energía undimotriz es una forma de energía oceánica que a través de dispositivos capturan la energía contenida en las olas oceánicas y la usan para generar electricidad. Uruguay se encuentra, como puede verse en la Figura A5-5, dentro de las zonas del mundo más adecuadas para el aprovechamiento de este tipo de energía oceánica.

**Figura A5-5: Zonas preferenciales a nivel mundial para el aprovechamiento de diferentes fuentes de energía oceánica.** Fuente: (Alonso Hauser, 2012)

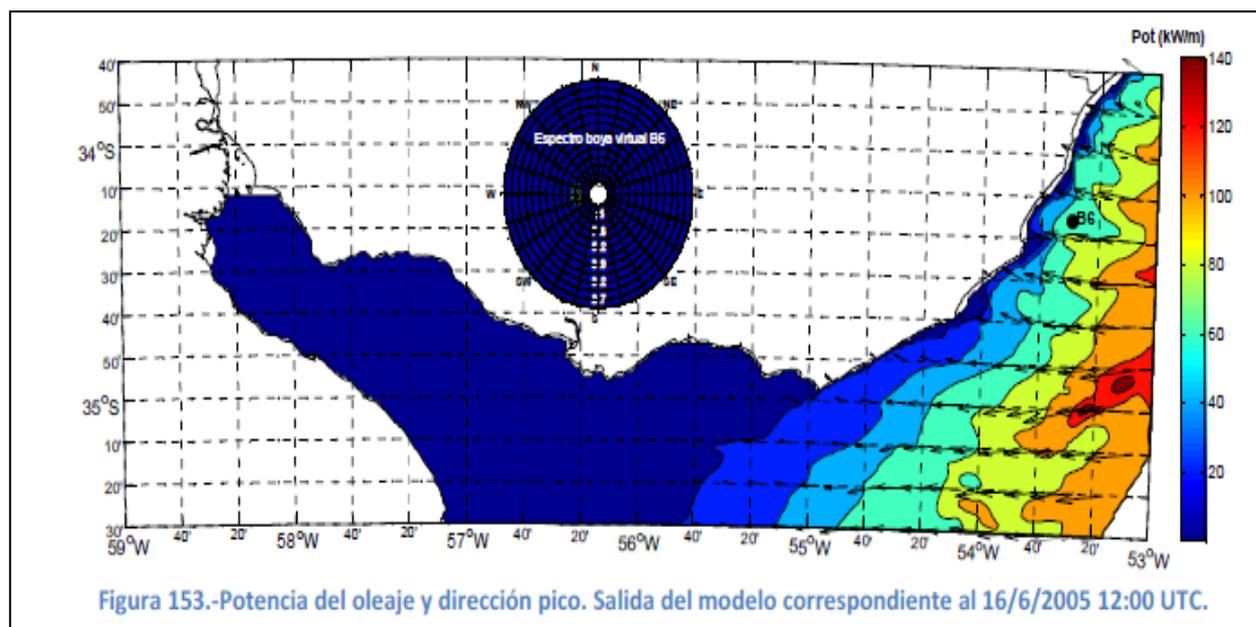


Los resultados de una Tesis de Maestría (Alonso Hauser, 2012) realizada en el Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) de la Facultad de Ingeniería (UdelaR), llevan a la conclusión de que en la costa oceánica de Uruguay existen condiciones naturales favorables para la generación: "...a profundidades en el entorno de los 20 metros y a lo largo de los 200 km de costa atlántica, la energía media anual del oleaje es de 19,3 TWh. Este valor duplica el actual consumo anual de energía eléctrica del país..."

Esta estimación se realizó mediante la modelación matemática de los datos meteorológicos de campos de vientos a 10 m sobre el nivel del mar y su conversión a energía de las olas durante el período 1980-2010. Adicionalmente, la tesis menciona la ventaja adicional de tener centros de consumo cerca de los lugares de generación, como ser las ciudades de La Paloma o Rocha. El mapeo del gradiente de energía modelado para un día específico puede observarse en la Figura A5-6.

Luego de aprobada la tesis, investigaciones realizadas en el marco del IMFIA, a partir de apoyo financiero brindado por el Fondo Sectorial de Energía (DNE, 2015), lograron la modelación física en instalaciones de la Facultad de Ingeniería, primero a escala 1/30 y posteriormente 1/10, de sistemas de captación de energía undimotriz.

Figura A5-6: Potencial del oleaje y dirección pico. Fuente: (Alonso Hauser, 2012)



Actualmente, este equipo investigador se encuentra en la búsqueda activa de fondos para poder realizar un proyecto demostrativo piloto a escala 1/1, esto es, instalado en condiciones oceánicas. Según el equipo investigador, existen muchas opciones tecnológicas posibles de ser utilizadas en Uruguay, pero deben atenderse las restricciones que impongan los costos de operación y mantenimiento de las distintas opciones, así como la robustez de las tecnologías disponibles. Afortunadamente, la relación de energía entre las condiciones pico y promedio de energía del oleaje en la zona es relativamente baja. Por tanto, los equipos que deben ser diseñados para resistir condiciones extremas no requerirían un sobredimensionamiento excesivo para resistir condiciones de tormenta.

#### A5-5.2. Potencial de la Energía Geotérmica para Uruguay.

Como energía geotérmica se define el calor almacenado en el interior del planeta Tierra que es creado por fuentes geológicas. Este calor a su vez es el motor último de diversos fenómenos geológicos como el magmatismo y tectónica de placas. Por debajo de los primeros centímetros de suelo y roca —sensibles a las fluctuaciones de la temperatura atmosférica— la temperatura de la corteza terrestre aumenta a medida que se incrementa la profundidad desde la superficie. Esto se debe al lento enfriamiento del manto y núcleo terrestre desde la acreción planetaria, combinado con el aislamiento térmico producido por la corteza terrestre (Stacey & Loper, 1988).

Por otro lado, el decaimiento radioactivo del uranio, el potasio y otros elementos radiactivos también genera calor, y es particularmente importante en rocas con alto contenido de estos elementos, como son los granitos y algunas pelitas (Lubimova, 1968) (Striastava & Singh, 1998). Éstas son las fuentes de calor responsables del gradiente geotérmico que puede ser aprovechado en la producción de energía eléctrica.

Es importante destacar que las bombas de calor geotérmicas no se incluyen dentro del grupo de tecnologías tratadas en este informe, ya que si bien puede considerarse como energías geotérmicas de baja profundidad, en la práctica es una aplicación que en la DNE se promueve desde el Área de Eficiencia Energética, y no desde el Área de Energías Renovables.

Si bien hace décadas en Uruguay se viene utilizando la energía geotérmica con fines recreativos y turísticos en forma de baños termales en el norte del país, poco se ha investigado sobre el potencial geotérmico nacional para la generación de energía eléctrica.

En un reciente artículo científico publicado en la revista de la Sociedad Uruguaya de Geología (Cernuschi, 2014) se afirma que la energía geotérmica es una promisoriosa fuente energética renovable por su baja a nula emisión de CO<sub>2</sub> y por la estabilidad de la producción.

En Uruguay, si bien los gradientes geotérmicos elevados de alta entalpía y temperatura relacionados a magmatismo están extintos desde el Cretácico, de todas maneras existen las temperaturas y caudales necesarios para aprovechar económicamente la energía geotérmica. Éstos se encuentran en el noroeste del país en los departamentos de Paysandú, Salto y Artigas. Aquí el gradiente geotérmico promedio estimado llega a 28.6 °C/km, lo que está relacionado al aislamiento térmico producido por basaltos Cretácicos que confinan y sobrepresurizan acuíferos albergados en rocas sedimentarias Carboníferas a Jurásicas en la Cuenca Paraná.

Del mismo modo, el gradiente geotérmico por debajo de estos acuíferos es desconocido hasta el momento. Probablemente, intrusivos graníticos Precámbricos generan calor por decaimiento radioactivo, y su distribución en el basamento debajo de la Cuenca de Paraná tal vez genere variaciones locales en el gradiente geotérmico. Existen entonces en esta zona las siguientes posibilidades, en orden creciente de complejidad, de aprovechar la energía geotérmica:

Las aguas templadas y sobre presurizadas del Sistema Acuífero Guaraní (45 °C, >1000 m) presentan un costo extractivo prácticamente nulo, y además del uso recreativo actual posibilitarían la calefacción doméstica o industrial (invernaderos) reduciendo el consumo de otras fuentes de energía y por tanto reduciendo indirectamente las emisiones de GEI de la cuota parte de esta energía generada a partir de la quema de combustibles fósiles.

Las aguas de los posibles acuíferos Carbonífero-Pérmicos infra yacentes, posiblemente sobre presurizados ( $\leq 75$  °C, 2300 m) permitirían generar energía eléctrica utilizando plantas binarias enfriadas por agua superficial. De constatar la existencia de estos u otras rocas sedimentarias a mayor profundidad ( $\leq 150$  °C, 4500 m), se podrían explotar posibles acuíferos profundos o crear sistemas geotermales mejorados si no se encontrara agua subterránea. En estos casos, plantas binarias convencionales de mayor envergadura podrían impactar el consumo eléctrico nacional.

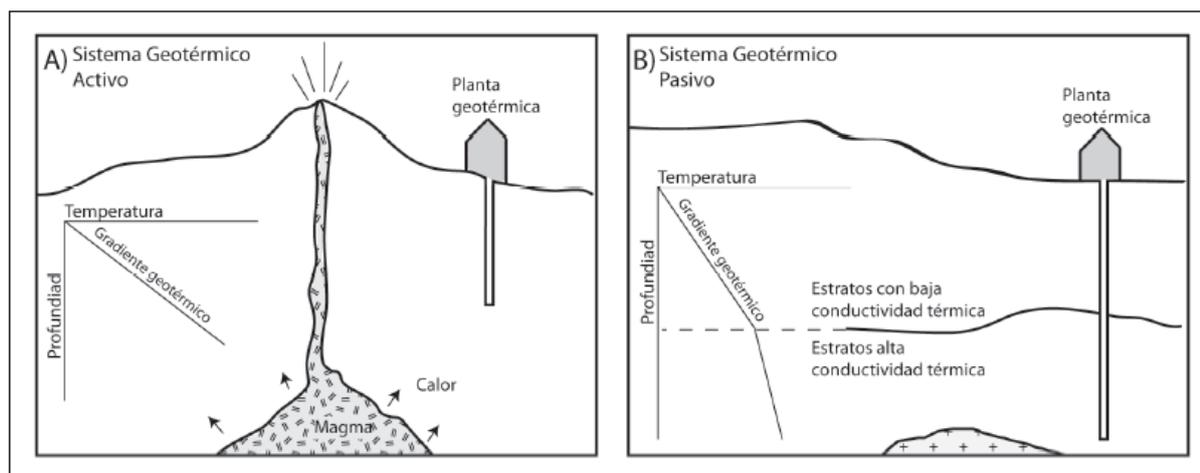
Por último, sería también posible la generación de energía eléctrica en plantas binarias a través de un sistema geotérmico mejorado en el basamento granítico a >5.000 m de profundidad con el fin de encontrar temperaturas cercanas a los 200 °C, con la posibilidad entonces de generar cantidades significativas de energía para el país.

Según este Investigador, como principales ventajas de este tipo de energía se puede mencionar lo siguiente:

- excepto algunos casos no aplicables a los posibles escenarios de Uruguay, no emiten CO<sub>2</sub> ni otros gases de invernadero;
- el agua subterránea puede ser utilizada en un circuito cerrado sin contaminarse, volviendo a ser re-inyectada al acuífero luego de aprovechar su calor;
- los campos geotérmicos pueden ser explotados semi-sustentablemente por un largo período de tiempo con un bajo decrecimiento de temperatura de la fuente de energía;
- las plantas de generación de energía eléctrica si bien requieren mantenimiento periódico, tienen una larga vida útil, en especial en comparación con los parques eólicos, y
- la producción de energía es estable a lo largo del año y no varía con las estaciones o fenómenos climáticos.

Según el autor del artículo, existen dos tipos de aprovechamientos geotérmicos, como se ilustra en a Figura 4.27. En el esquema A en presencia de actividad volcánica, el gradiente geotérmico es más alto en presencia de magma en las cercanías o en profundidad, mientras que en el esquema B (el caso de Uruguay) el gradiente geotérmico es menos elevado cuando no hay fuentes magmáticas cercanas. Cuando la conductividad térmica de la roca es baja, el gradiente geotérmico es más elevado que en rocas con conductividad térmica alta.

**Figura A5-7: Esquema mostrando la relación entre el gradiente geotérmico y las fuentes geológicas de calor.** Fuente: (Cernuschi, 2014)



Por otro lado, la exploración y posible futura explotación de hidrocarburos en el país, exige que equipamiento geofísico y maquinaria de perforación de gran envergadura, imprescindibles también para la exploración geotérmica, estén disponibles en el territorio nacional. Esto hace que el país se encuentre en un buen período para afrontar la exploración geotérmica, ya que el traslado y contratación de este tipo de equipamientos es uno de los costos principales de su exploración. Muchas veces la inversión de trasladarlas y contratarlas sólo para este fin afecta la rentabilidad de pequeños proyectos geotérmicos.

La implementación de estas tecnologías requiere estudios detallados de las variaciones del gradiente geotérmico en la Cuenca de Paraná, en especial en profundidades mayores a los 1.000 m. Se debe también estudiar la composición y flujo del agua en los diferentes acuíferos, comprender la estratigrafía y geología estructural de la cuenca a través de geofísica y perforaciones y localización de intrusiones graníticas en su basamento.

Si bien el conocimiento en estas áreas ha avanzado en las últimas décadas, y más aún desde las nuevas campañas de exploración de hidrocarburos, no ha habido estudios detallados enfocados en generar la información básica para estudiar la viabilidad de generación de energía eléctrica de fuentes geotérmicas. Es también importante conocer estas variables en detalle para diseñar planes que permitan un desarrollo sustentable, manteniendo los niveles freáticos de los distintos acuíferos, sin contaminar sus aguas y manteniendo la energía geotérmica del sistema balanceada.

Si bien el uso directo para calefacción con aguas del acuífero guaraní podría ser implementado en el corto plazo, es importante comenzar a estudiar las posibilidades de generación de energía eléctrica a la brevedad ya que desde el momento en que se comienza a generar la información básica hasta que estén dadas las condiciones para desarrollar proyectos concretos pueden transcurrir varios años o décadas. Más aun teniendo en cuenta que las tecnologías de generación de energía deben ser adaptadas a las características geológicas e hidrogeológicas de cada área.

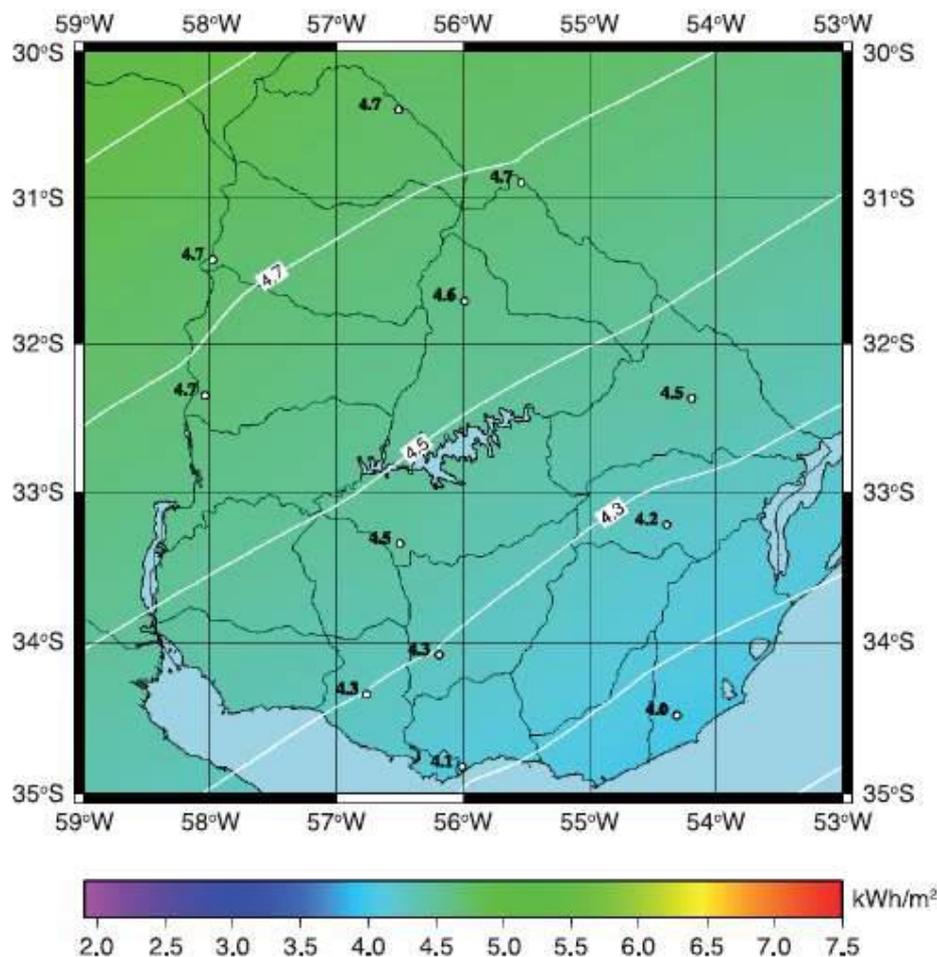
### **A5-5.3. Potencial de la Energía Solar de Concentración en Uruguay**

Según un informe sobre potencial de las energías renovables publicado para Uruguay (Uruguay XXI, 2014), la irradiación global diaria sobre plano horizontal promedio anual sobre el territorio uruguayo es de 4,4 kWh/m<sup>2</sup> (energía equivalente aproximadamente a la mitad de la energía eléctrica consumida por día en una familia tipo en Uruguay). Las variaciones estacionales grandes, con valores mínimos de 2 kWh/m<sup>2</sup> en invierno y valores de 7 kWh/m<sup>2</sup> en verano. La variación territorial es menor a la estacional, debido a la relativa uniformidad geográfica de nuestro territorio. Por ejemplo, las medias anuales muestran un mínimo en Rocha (4,47kWh/m<sup>2</sup>) y un máximo (4,81kWh/m<sup>2</sup>) en la zona Norte

(Artigas). Las zonas con mayor índice de radiación solar son básicamente los departamentos de Paysandú, Salto y Artigas. En la Figura A5-8 puede verse el mapa de irradiación diaria promedio para Uruguay.

**Figura A5-8: Mapa solar del Uruguay -- Irradiación diaria promedio (kWh/m<sup>2</sup>)**

Fuente: (UdelaR, 2010)



La energía solar térmica (paneles colectores para calentamiento de agua) tiene ya muchos años en el país, pero ha sido a través de programas de incentivos del Estado que su uso se ha extendido, como lo muestran las gráficas de barras de la Figura A5-9, alcanzando en 2013 un valor de 10,7 m<sup>2</sup>/1.000 habitantes para superficie instalada efectivamente en funcionamiento. Uruguay cuenta también con la Mesa Solar, que es un espacio multisectorial para la promoción de la energía solar térmica (Mesa Solar, 2015).

No hay por el momento en el país equipos de generación solar térmica de concentración (en inglés: Concentrated Solar Power, CSP), la cual usa espejos o lentes para concentrar la radiación solar, para calentar un fluido y generar vapor, el cual impulsa una turbina conectada a un generador de electricidad.

La DNE tiene en ejecución una consultoría internacional en CSP con los objetivos de evaluar tanto los beneficios desde el punto de vista energético y económico, como las dificultades o inconvenientes que pueden presentarse en este tipo de instalaciones, además de brindar elementos para analizar el impulso de su desarrollo del mercado nacional.

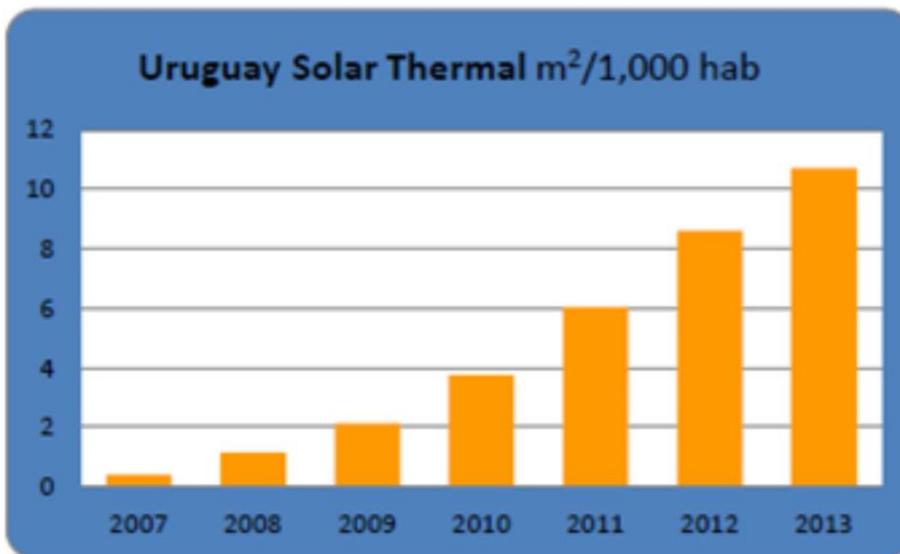
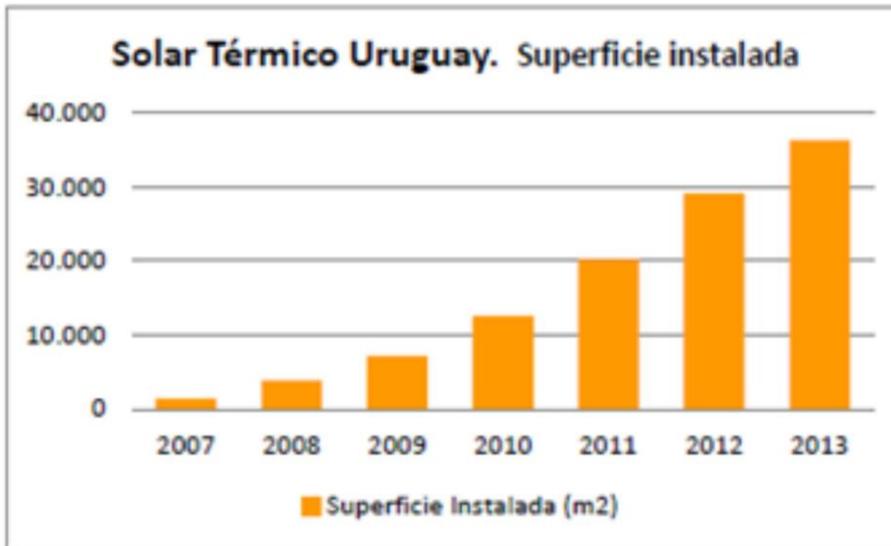
En particular la consultoría, de la cual al momento ya hay informes parciales, consistirá en (Scarone, 2015):

- Estudio de pre factibilidad técnica-económica de una inversión en una planta generadora a partir de CSP en Uruguay. En el aspecto económico se analizará al menos el precio de energía eléctrica que debería pagar la empresa pública eléctrica (UTE) a dicha empresa (en USD/kWh) para que la inversión sea viable (considerando diferentes TIR). Se realizarán al menos 2 estudios de pre factibilidad: a) planta 100% solar y b) Sistema híbrido. Para este estudio se determinará el costo de instalación, detallando costo de capital de tecnología, obra civil, conexión, estudios y otros, y el costo de Operación y Mantenimiento durante la vida útil de la planta generadora.
- Asesorar sobre el tipo de proyecto piloto que debería tener el Uruguay para poder comenzar a entrenar a sus técnicos y profesionales en esta tecnología.
- Analizar el tipo de equipamiento de una planta CSP que podría ser fabricado en el Uruguay y estimar el porcentaje de componente nacional que podría tener una planta en Uruguay.
- Analizar las medidas de radiación que están realizando los investigadores de la Universidad de la República y asesorar sobre el tipo y la metodología de las mediciones adicionales que se deberían realizar para el desarrollo de CSP en Uruguay.

Por otra parte, en setiembre de 2015 se inauguró el Laboratorio de Energía Solar (LES) en Salto, que constituye un centro de investigación de la Universidad de la República (UdelaR, 2015) conformado por investigadores y docentes de la Facultad de Ingeniería, donde se desarrollarán prototipos para aprovechar la energía solar térmica. Asimismo, permitirá obtener conocimiento detallado sobre el recurso solar para convertir energía solar en energía útil, así como facilitar al sector energético e industrial el uso de nuevas tecnologías. Es factible que en este laboratorio se realicen desarrollos con energía solar térmica de concentración.

Figura A5-9: Evolución de la superficie instalada de paneles solares térmicos en Uruguay.

Fuente: (DNE, 2014)



## ANEXO 6: DESARROLLO DEL ANÁLISIS DEL SECTOR RESIDUOS

Los tres sub-sectores que tuvieron mayor puntaje en los talleres nacionales inter-institucionales para definir prioridades según la metodología multi-criterio propuesta por la Guía ENT (Haselip, Narkeviciute, & Rogat Castillo, 2015) fueron, en el caso del sector residuos los siguientes, en orden decreciente de prioridad: residuos urbanos, efluentes de actividades productivas (industria, agroindustria y agro) y efluentes domésticos (ver gráficos de barras en Anexo 2).

Para la definición de cuál sub-sector priorizar se mantuvieron reuniones posteriores con los co-coordinadores del sector residuos (representados por el Congreso de Intendentes y la División de Cambio Climático de MVOTMA), así como con otro actor clave a nivel nacional en el tema, como es la División Planificación Ambiental de la DINAMA (Mallo & Bajsa, 2015) – MVOTMA. Esta división es la encargada de formular, ejecutar, supervisar y evaluar los planes nacionales de protección del ambiente y la instrumentación de la política nacional en la materia, además de haber tenido un rol principal en formular las propuestas de medidas de mitigación para el sector residuos que se presentaron como contribuciones nacionales (INDC) a la CMNUCC en setiembre de 2015.

Como resultado del proceso se decidió la priorización del sector residuos sólidos urbanos (RSU), en base a las siguientes consideraciones:

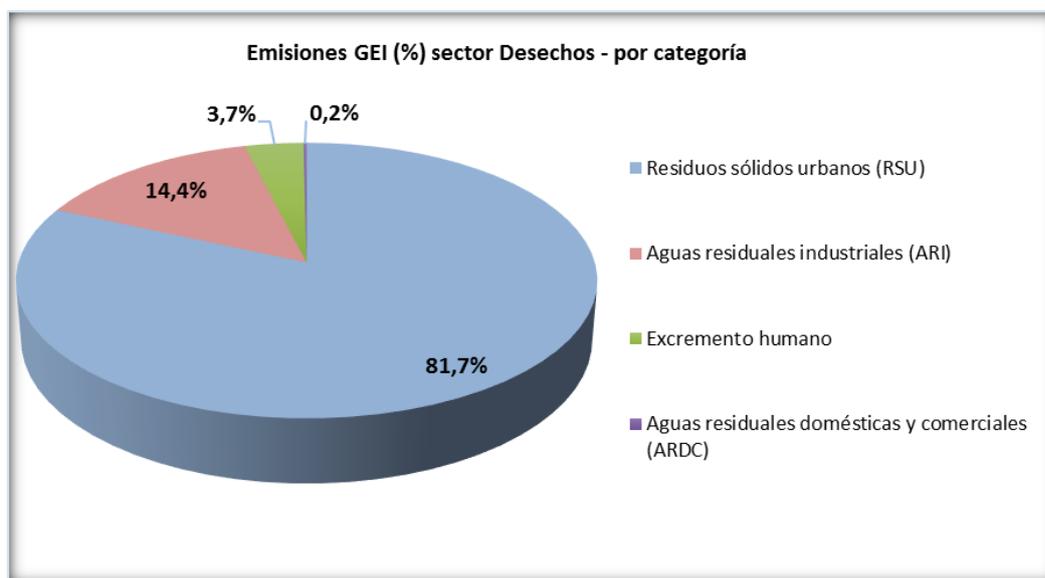
- Como se muestra con más detalle en el punto A10.1, el sub-sector residuos sólidos urbanos (RSU) representaba, en 2010, el 81,7% de las emisiones nacionales de GEI del sector residuos, en contraste con el 14,4% del sub-sector efluentes industriales, y tan sólo el 0,2% de los efluentes domésticos y comerciales (MVOTMA - SNRCC, 2015).
- Con un criterio análogo al empleado para el sector energía, en dichas reuniones se concluyó que en la medida que ya hay en curso un proyecto concreto denominado BioValor (MIEM-MVOTMA-MGAP, 2014), con financiamiento externo para la valorización de residuos agroindustriales de diversos orígenes, no debería priorizarse para el ENT el sub-sector efluentes de actividades productivas. BioValor procura la diversificación de tecnologías para implementar soluciones sostenibles desde el punto de vista ambiental y económico. El alcance de dicho proyecto cubre también los RSU de comunidades pequeñas (< 5.000 habitantes) y residuos cuyas emisiones están normalmente contabilizadas dentro del sector agropecuario, como ocurrió en el inventario de emisiones 2010 presentado en el BUR 2015 con el manejo de estiércol (348 Gg CO<sub>2</sub>eq).
- La INDC para el sector de residuos industriales plantea para 2030 que el 30% de los sistemas de tratamiento estén basados en tecnologías de tratamiento anaeróbicas intensivas con 100% de captación del biogás. Además de la introducción de tecnologías que resulten del proyecto BioValor, Uruguay cuenta con equipos de investigación en dichos sistemas, como el Instituto de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería – UdelaR, que desde hace más de 25 años trabaja vinculado a los principales grupos de investigación a nivel internacional, y extendiendo este conocimiento a la industria para su aplicación.
- El financiamiento de los sistemas de tratamiento en las industrias es responsabilidad de éstas, para cumplir con los requisitos que establezca la normativa nacional. Por su parte, la prioridad de los organismos estatales es promover la aplicación en la industria de los principios de Producción Más Limpia (P+L) que minimicen las necesidades en tratamientos de fin de tubería. Un ejemplo de esto ha sido el reciente programa de P+L destinado al sector curtiembres (MVOTMA, 2014).
- La instalación y operación de las plantas de tratamiento de efluentes domésticos es responsabilidad en todo el país de Obras Sanitarias del Estado (OSE), a excepción de Montevideo, que depende de la correspondiente Intendencia. OSE ya dispone de conocimiento tecnológico para el adecuado tratamiento de los efluentes domésticos (OSE, 2015), y planes de inversión para los próximos años, anunciando en marzo de 2015 que tiene previsto invertir 56 MUS\$ en las 4 principales ciudades que vierten sus efluentes al Río Uruguay (Presidencia ROU, 2015).

### A6-1. Emisiones GEI y situación global de las tecnologías para su mitigación en sector residuos

En el inventario de emisiones de GEI de 2010 presentado con el BUR 2015 (MVOTMA - SNRCC, 2015), el sector residuos contribuyó con 1.190 Gg CO<sub>2</sub>eq, que como puede verse en la Figura 2-2, representaba en Uruguay el 3,39% del total de emisiones GEI del país. En la Figura A6-1 se muestra los aportes de cada sub-sector, en tanto que en la Figura A6-2 se observa cómo inciden en las emisiones de metano distintos sectores industriales dentro de la categoría de aguas residuales industriales. Acorde con el peso de la agroindustria en Uruguay, las industrias cárnica y láctea son responsables de más de la mitad de dichas emisiones.

**Figura A6-1: Emisiones de GEI (%) del sector desechos por categoría.**

Fuente: (MVOTMA - SNRCC, 2015)



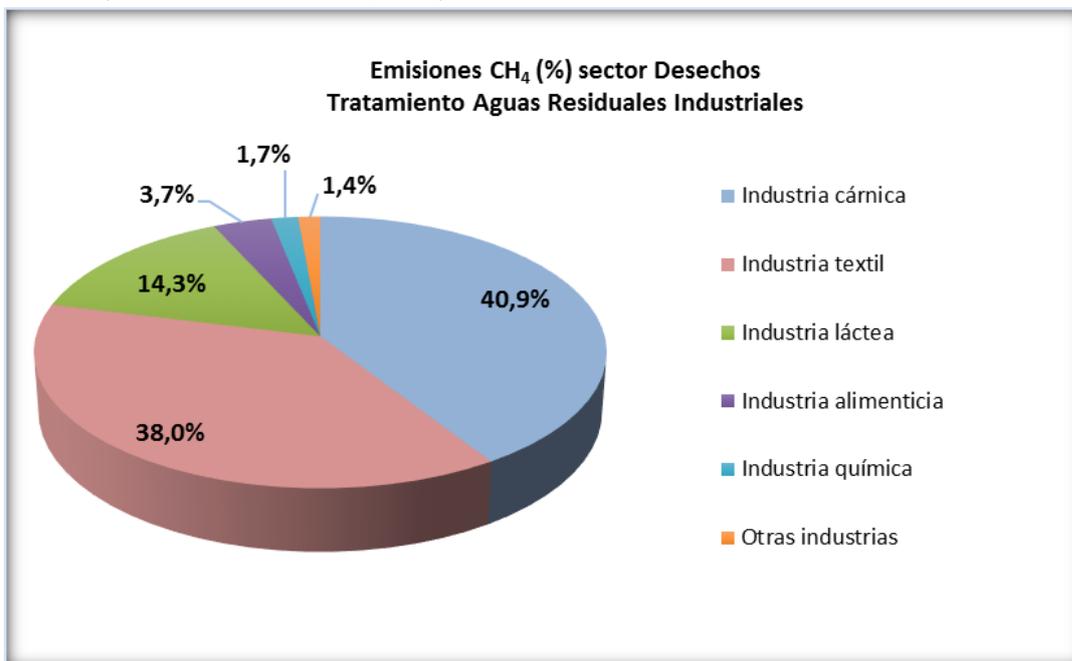
De acuerdo con la Asociación Internacional de Residuos Sólidos (International Solid Waste Association, ISWA), sería recomendable que las guías del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) incorporaran métodos adicionales que permitan capturar el alcance completo de las actividades del sector residuos, dando un mejor reconocimiento a los potenciales de dicho sector reducir o evitar las emisiones de GEI (ISWA, 2009). Los límites establecidos actualmente por las metodologías establecidas por el IPCC para el sector residuos identifican emisiones directas, pero no toman en cuenta los potenciales beneficios ambientales indirectos asociados con la gestión post-consumo de residuos, que se informan bajo otros sectores del IPCC.

Por ejemplo, si residuos post-consumo se incineran sin recuperación de energía, las emisiones de GEI se asignan al sector residuos del IPCC, pero si se recupera energía se contabilizan para el sector energía del IPCC. Otro claro ejemplo es en el caso de reciclaje de vidrio: el consumo de energía del sistema de gestión de residuos que colecta y separa el vidrio para su reciclado se asigna al sector residuos, pero los beneficios de ahorro de energía que provienen de producir vidrio a partir de vidrio reciclado en lugar de material virgen se asignan a la industria del vidrio, y no al sector residuos.

Sobre estas bases de un enfoque más amplio que el de abordar solamente las emisiones directas de GEI del sector residuos es que ISWA plantea alternativas tecnológicas para reducir globalmente las GEI, por más que en el marco de las guías del IPCC correspondan a reducciones en otros sectores, y en el contexto del proyecto ENT se considerarían como medidas transversales.

**Figura A6-2: Emisiones de GEI (%) del sector desechos por categoría.**

Fuente: (MVOTMA - SNRCC, 2015)



**Nota:** “Otras industrias” incluye las industrias de bebidas, procesamiento de pescado y curtiembres

Hay tres componentes claves para que una estrategia de gestión unificada de residuos habilite al sector residuos a convertirse en un reductor neto de emisiones de GEI (ISWA, 2009):

1. Establecer sistemas de gestión integral de residuos, con énfasis en la reducción de residuos y su reciclaje, para reducir la pérdida de materiales y de recursos energéticos;
2. Introducir tecnologías para tratamiento de residuos que impliquen menor consumo de energía y la reutilización de los residuales de dichos tratamientos;
3. Recuperar energía del procesamiento de los residuos y de la captura de biogás de relleno sanitario, para utilizar como electricidad o en sistemas de calentamiento o enfriamiento, reemplazando de esta forma el uso de combustibles fósiles para producción de energía.

De acuerdo con ISWA la clave para el éxito está en el diseño de sistemas de gestión de residuos adaptados a las necesidades y tradiciones locales, en lugar de seleccionar y transferir un solo proceso o tecnología de un país o región a otra. El potencial de reducción de emisiones de GEI va a depender no sólo de las tecnologías, sino también de la composición de los residuos locales.

En la [Tabla A6-1](#) se indican en forma general los procesos y tecnologías aplicables, sus emisiones y acciones para reducirlas o evitarlas.

Entre 1990 y 2003, el total de emisiones de GEI del sector residuos se redujo entre el 14 y 19% para los 36 países industrializados y economías de transición listadas en el Anexo 1 de la CMNUCC. Esta reducción se debió principalmente a un aumento en la recuperación de metano de rellenos sanitarios (ISWA, 2009).

**Tabla A6-1: Acciones para reducir o evitar emisiones de GEI en la gestión de residuos sólidos según los procesos o tecnologías empleadas**

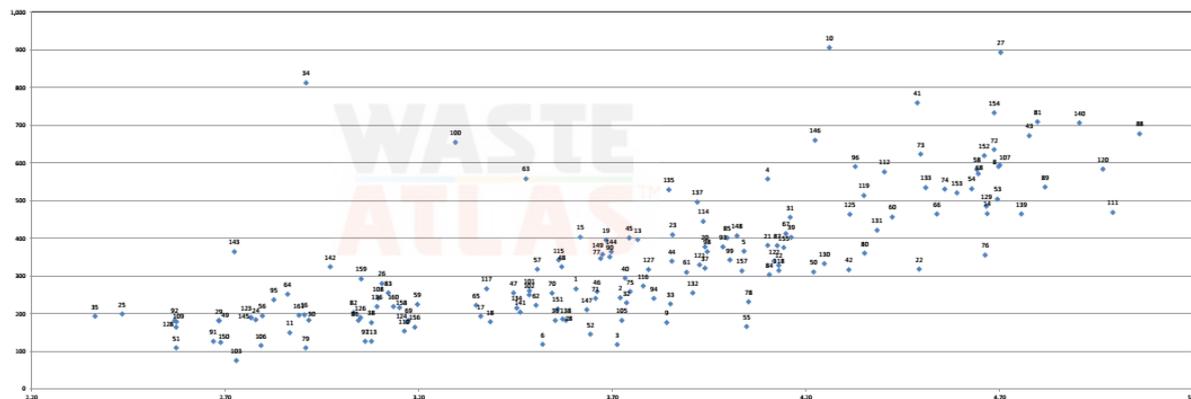
Proceso o tecnología	Fuentes de emisión de GEI	Acciones para reducir o evitar emisiones de GEI
Recolección y Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub> de quema de combustibles fósiles para actividades de transporte y consumo de electricidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Racionalizar las operaciones de recolección y mejorar la eficiencia de los combustibles</li> <li>• Usar combustibles alternativos como biodiesel, bioetanol o biogás</li> <li>• Desarrollo de medios alternativos de transporte, como ferroviario o fluvial</li> <li>• Minimizar las distancias a transportar</li> <li>• Implementar programas de entrenamiento a los conductores</li> </ul>
Reciclaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub> de quema de combustibles fósiles para actividades de transporte y consumo de electricidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar la tasa de recuperación de materiales</li> </ul>
Compostaje y digestión anaerobia (tratamientos biológicos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub> de quema de combustibles fósiles y consumo de electricidad</li> <li>• Emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de los procesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar la producción de compost y usar tecnologías de tratamiento con bajas emisiones</li> <li>• Mejorar la eficiencia del proceso y convertir el metano de la digestión anaerobia a energía, y a la vez minimizar las emisiones fugitivas.</li> </ul>
Incineración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub> de quema de combustibles fósiles y consumo de electricidad</li> <li>• CO<sub>2</sub> de la combustión de residuos (C fósil)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustitución de la energía producida a partir de combustibles fósiles por la energía térmica y eléctrica generada en la incineración de residuos</li> <li>• Recuperación de metales de las cenizas pesadas de fondo de horno para su reciclaje</li> </ul>
Relleno Sanitario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CH<sub>4</sub> de descomposición anaerobia de residuos orgánicos</li> <li>• CO<sub>2</sub> de quema de combustibles fósiles y consumo de electricidad</li> <li>• N<sub>2</sub>O de tratamiento de lixiviado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de un sistema activo de captación y tratamiento del biogás generado en el relleno</li> <li>• Utilizar el biogás del relleno como combustible para producir electricidad o energía eléctrica</li> </ul>
Tratamiento Biológico Mecánico (MBT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub> de quema de combustibles fósiles y consumo de electricidad</li> <li>• CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O del tratamiento biológico de residuos orgánicos</li> <li>• CO<sub>2</sub> de quema (p.ej. RDF) de componentes con C fósil de los residuos electricidad</li> <li>• CH<sub>4</sub> liberado de desechos residuales colocados en rellenos sanitarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de biodegradables procesados fuera de relleno sanitario</li> <li>• Producción de combustible derivado de residuos (RDF) que sustituye al combustible fósil</li> </ul>
Otros procesos y tecnologías	En la actualidad se utilizan otras tecnologías y procesos avanzados, como la pirolisis y gasificación, pero su uso todavía no es tan extensivo como para probar su eficacia y su potencial para reducción de las emisiones de GEI.	

Fuentes: en base a (ISWA, 2009) y (Lamers, Fleck, Pelloni, & Kamuk, 2013)

## A6-2. Importancia del sub-sector residuos sólidos urbanos en la economía nacional

El desarrollo económico y aumento en la población llevan asociados un enorme crecimiento en la generación de residuos sólidos urbanos (RSU). Esta relación puede verse claramente en la [Figura A6-3](#), con datos de 2013 para 161 países (Uruguay marcado en rojo). En la [Figura A6-4](#) se observa que la generación de residuos sólidos urbanos per cápita de Uruguay es similar a la de los países vecinos.

**Figura A6-3: Residuos per cápita (kg/año) vs log10 GDP (US\$/año) per cápita (Uruguay en rojo)**  
Fuente: (D-Waste Team, 2013)



**Figura A6-4: Residuos per cápita (kg/año)**  
Fuente: (D-Waste Team, 2013)



El manejo de los residuos sólidos representa en la actualidad uno de los problemas ambientales urbanos más significativos, causando impacto en los recursos hídricos (contaminación de aguas superficiales y subterráneas con lixiviados), el suelo (pérdida de tierras productivas y contaminación del suelo), el aire (olores molestos, y contaminación por gases, humos y partículas asociadas a la quema intencional o accidental de residuos), flora y fauna (remoción de especies nativas), el medio antrópico (afectación del paisaje) y la salud (proliferación de vectores). En Uruguay, como en la mayoría de los países de clima

templado, el recurso suelo tiene un rol determinante en la economía siendo a su vez uno de los más impactados. Lamentablemente, como puede verse en la [Figura A6-5](#), el porcentaje de RSU en la región que no se dispone adecuadamente es alto, y Uruguay figura dentro de los que tienen peores valores.

**Figura A6-5: Porcentaje de disposición ambientalmente inadecuada de residuos.**

Fuente: (D-Waste Team, 2013)



Los costos de recolección y disposición en sitio final de los departamentos de Uruguay muestran dos bloques diferenciados:

- La mayoría de los departamentos con suficiente información disponible están en un grupo con costos que están entre 43 a 61 US\$/ton, que corresponden a servicios llevados adelante por los propios municipios. El promedio por recolección es 45 US\$/ton y en SDF es 5 US\$/ton.
- Un segundo grupo con costos en el orden de las 100 US\$/ton o superiores, que corresponden a los servicios que han sido tercerizados o ejecutados en forma mixta (con privados en algunas zonas de la ciudad). La diferencia con los anteriores obedece también a la consideración de costos no contabilizados en el primer grupo (alícuotas de salarios de directores y administrativos, costos indirectos de alquiler de locales, etc.)

Estos costos pueden verse en la gráfica de la [Figura A6-6](#), junto con un indicador de la calidad de la información (ICI). Los departamentos del área metropolitana de Montevideo (AMM) no figuran en dicha gráfica, pero los costos se muestran en la [Tabla A6-2](#). Los departamentos del grupo con costos del entorno de los US\$ 100/ton son también los que tienen una disposición de residuos que se acerca más a las condiciones adecuadas.

En grandes números, con una generación de residuos en el entorno de los 400 kg/hab/año (aproximadamente 1,1 kg/hab/d), a un costo de recolección y disposición final adecuada de US\$ 100, el costo anual de la gestión de los RSU del país equivaldría a 136 MUS\$/año.

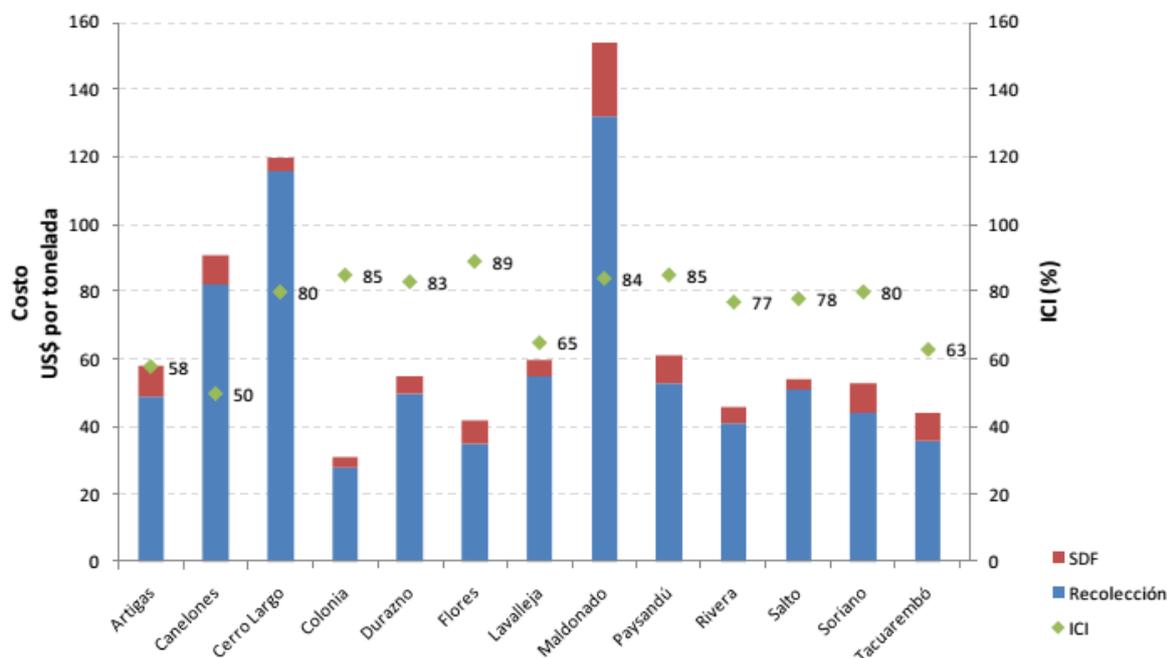
Por otro lado, también se obtienen recursos de la gestión de los RSU. Según un estudio del 2003 sobre el mercado de los materiales reciclables en los RSU (Barrenechea, González, Croce, & Troncoso, 2003), se estimaba en ese entonces una recuperación de 119 kton/año de materiales, a un precio de mercado que totaliza 12,7 MUS\$ (ver [Tabla A6-3](#)).

Según información publicada en 2012 en base a datos del Plan Director de Residuos Sólidos, en el área metropolitana de Montevideo habría unos 7.000 clasificadores (6.000 familias sólo en Montevideo, lo que representaría 25.000 a 30.000 personas), obteniendo un ingreso promedio por clasificador entre US\$ 230 a US\$ 290 por mes a partir del reciclaje de materiales (Themelis & Barriga Díaz, 2012).

Un estudio de pre-factibilidad de 2012 para la instalación de una planta de generación de energía a partir de residuos en el área metropolitana de Montevideo, concluyó que sería posible obtener 4 a 6% de la energía total producida en el año 2010 en Uruguay. Dicho estudio estimaba que la energía eléctrica generada (0,6 MWh/ton RSU) podría venderse a 100 US\$/MWh, así como los créditos de carbono por reducción de emisiones de GEI a US\$ 12/ton RSU (Themelis & Barriga Díaz, 2012).

**Figura A6-6: Costos de recolección y en sitio de disposición final (SDF) de RSU por departamento**

Fuente: (OPP - Uruguay Integra, 2011)



**Tabla A6-2: Costos por servicio del Plan Director de RSU de 2003 actualizados al año 2010**

Fuente: (OPP - Uruguay Integra, 2011)

Localidad	Costo Recolección por tonelada (US\$)	Costo SDF por tonelada (US\$)	Total
Montevideo	128	15	143
Canelones	93	9	102
San José	75	25	100
Promedio del AMM	122	14	136

**Tabla A6-3: Mercado de productos reciclados al año 2003**

Fuente: (Barrenechea, González, Croce, &amp; Troncoso, 2003)

	<b>VOLUMEN (toneladas)</b>	<b>MONTO (us\$)</b>
<b>1. Vidrio</b>	<b>5.170</b>	<b>1.070.500</b>
<i>Roto o descarte</i>	2.844	8.500
<i>Reuso</i>	2.326	1.062.000
<b>2. Metales</b>	<b>55.561</b>	<b>5.450.000</b>
2.1. Aluminio	1.659	1.185.000
2.2. Cobre	2.038	2.200.000
2.3. Bronce	1.864	1.330.000
2.4. Plomo	---	---
2.5. Hierro	50.000	735.000
<b>3. Papel y cartón</b>	<b>51.620</b>	<b>5.750.000</b>
<b>4. Trapo</b>	<b>500</b>	<b>230.000</b>
<b>5. Plástico</b>	<b>6.052</b>	<b>223.000</b>
<i>PET</i>	2.950	43.000
<i>Demás</i>	3.102	180.000
<b>TOTAL</b>	<b>118.903</b>	<b>12.723.500</b>

### A6-3. Contexto de la decisión

En la Tabla A6-4 se resume en forma sintética la normativa a nivel nacional en materia de residuos, incluyendo algunas normas referidas a residuos que no están dentro del foco del proyecto ENT (p.ej. baterías plomo-ácido).

La Ley 9.515 de 1935 otorga a los Gobiernos Departamentales la potestad de la gestión de los RSU, por lo que la normativa particular de cada departamento va a tener incidencia en cómo se desarrolle dicha actividad. La normativa departamental al respecto es muy dispar, desde departamentos que cuentan con ordenanzas y planes específicos para RSU, hasta otros donde esto es aparentemente inexistente (si hay algo probablemente sea una ordenanza de higiene y salubridad muy antigua). En la Tabla A6-5 se muestra una selección de normas departamentales (excluyendo Montevideo) compilada en 2011.

La normativa en materia de residuos sólidos de la Intendencia de Montevideo es muy amplia, y puede consultarse en línea desde la correspondiente página web de la intendencia, que cuenta además con herramientas de búsqueda: <https://normativa.montevideo.gub.uy>

Como ya se adelantó en A6-2, las capacidades para gestión de los RSU varían sustancialmente entre los distintos gobiernos departamentales, y que van desde la operación de rellenos sanitarios con sistemas de monitoreo de aguas subterráneas, recolección y tratamiento de lixiviados y captación de biogás con generación de energía, hasta volcaderos sin los controles mínimos (ver Figura A6-7 y Figura A6-8). Uno de los factores claves es la capacidad financiera con que cuenta cada departamento para cubrir los costos de recolección y disposición final, lo que puede visualizarse en la Figura A6-9 y la Tabla A6-7. Casi el 90% (16 en 20) de los sitios de disposición final evaluados en el estudio de 2011 presentan índices de calidad ambiental correspondientes a la categoría “condiciones inadecuadas”, dos en “condiciones controladas” (Artigas y San José de Mayo) y sólo uno en “condiciones adecuadas” (Maldonado) (OPP - Uruguay Integra, 2011).

**Tabla A6-4: Selección de normas nacionales en materia de residuos.**

Fuente: (OPP - Uruguay Integra, 2011)

Nº norma	Nombre	Alcance / Tema	Año
Ley 17.283/000	Ley General de Protección al Ambiente	Declara de interés general la protección del ambiente contra toda afectación que pudiera derivarse del manejo y disposición de los residuos.	2000
Ley 9.515/935	Digesto Municipal: residuos domiciliarios y residuos urbanos.	Le otorga a los Gobiernos Departamentales la potestad de la gestión de los residuos urbanos.	1935
Ley 16. 221 y 17.220/99 -	Convenio de Basilea e ingreso de residuos peligrosos.	Adhesión del Uruguay al Convenio de Basilea y prohibición del ingreso de residuos peligrosos al país.	1999
Decreto 586/009:	Residuos Sanitarios.	Establece la necesidad de contar con gestión adecuada de los centros de atención a la salud, modifica decreto del año 1999.	2009
Decreto 373/003:	Baterías usadas.	Establece la responsabilidad extendida al fabricante/importador y la necesidad de contar con planes de gestión para las baterías Plomo-Ácido	2003
Ley 17.849/004	Ley de Envases y Residuos de Envases.	Establece la responsabilidad extendida al fabricante/importador y la necesidad de contar con planes de gestión de envases post-consumo.	2004
Decreto 260/007	Reglamento de Ley de Envases.	Establece límites, formas de gestión y criterios para la elaboración de los planes de gestión de envases establecidos por la Ley 17.849.	2007
Decreto 541/007	Gestión Sanitaria de Residuos Sólidos de Puertos, Aeropuertos, Terminales Internacionales de Carga de Pasajeros y Puntos de Frontera del MERCOSUR.	Aprueba la resolución 30/02 del Grupo Mercado Común del Sur/ Mercosur respecto a los Criterios para la Gestión Sanitaria de Residuos Sólidos de Puertos, Aeropuertos, Terminales Internacionales de Carga de Pasajeros y Puntos de Frontera del MERCOSUR.	2007
Ley 16.466/94	Ley de Evaluación de Impacto Ambiental.	Define el régimen de evaluación de impacto ambiental que regirá para nuevos emprendimientos de determinada tipología.	1994
Decreto 349/005	Reglamento de Ley 16.466 de Evaluación de Impacto Ambiental.	Reglamenta el régimen de evaluación de impacto ambiental y determina que emprendimientos deberán contar con la Autorización Ambiental Previa. Quedan incluidos emprendimientos asociados a la instalación de plantas de tratamiento de residuos sólidos, y la apertura de nuevos sitios de disposición final de residuos o la ampliación de los existentes.	2005

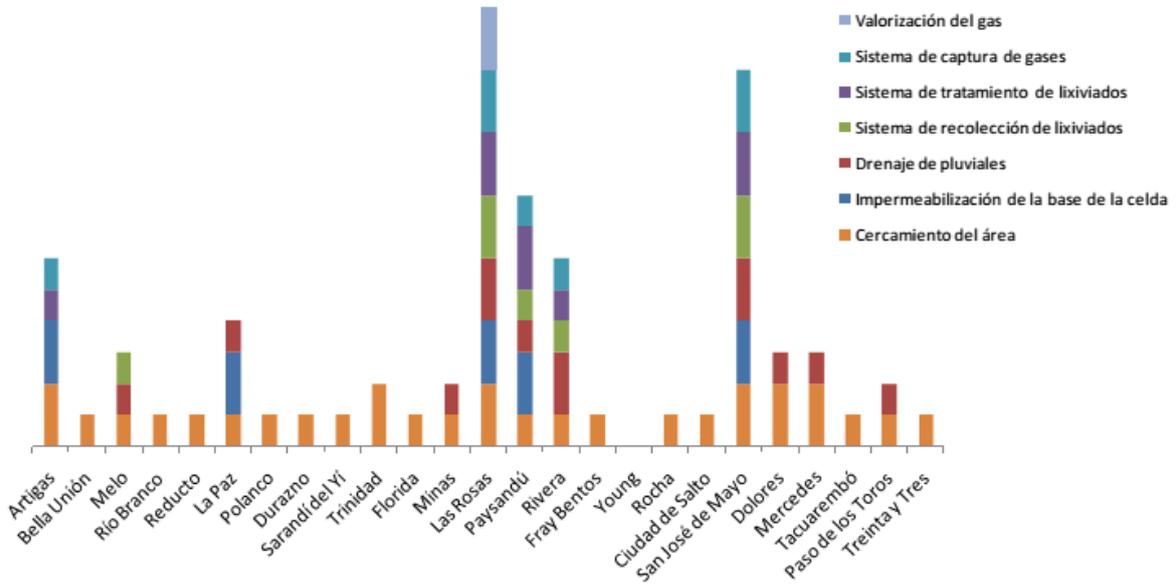
**Tabla A6-5: Normas y pautas relevadas a nivel departamental en 2011 en materia de residuos.** Fuente: (OPP - Uruguay Integra, 2011)

Departamento	Número	Nombre	Descripción	Año
Artigas	1296 y 3139	Limpieza de calles y sitios de uso público y recolección de basuras.	Establece pautas a seguir para la limpieza de calles y sitios de uso público y recolección de residuos, en zonas urbanas y sub-urbanas del Departamento de Artigas.	1965
Canelones	72/97	Ordenanza General de Limpieza Pública.	Prohibición de disposición de residuos domiciliarios en vías públicas fuera de horario establecido, de retiro de contenido bolsas de residuos, disposición de determinados residuos.	1997
	Resolución 08/06524	Obligación de Grandes Generadores de Residuos Sólidos.	Establece límites de grandes generadores y montos a pagar por la recolección y disposición final por parte de la Comuna Canaria. Establece precios especiales y exoneraciones a quienes se adhieran a los planes de recolección selectiva propios de la Intendencia y sanciones.	2008
	3131	Ordenanza sobre establecimientos industriales, comerciales y/o depósitos de materiales de desecho, chatarra, leña, etc.	Condiciones y autorización para locales comerciales y depósitos. De carácter general de establecimientos sin ser muy detallado en cuando a depósitos de residuos.	1981
Cerro Largo	--	Normas generales de limpieza.	--	S/D
Durazno	--	Normas generales de higiene y salubridad.	Art. 34 hace referencia a residuos y forma de disposición.	S/D
Lavalleja	1443/95	Ordenanza de Limpieza en la vía pública.	Establece criterios para barrido, limpieza y recolección de residuos. Establece obligación de grandes generadores pero no los montos y límites para el pago de servicios.	1995
Maldonado	3732	Ordenanza de salubridad e higiene.	En el capítulo de Residuos Domiciliarios y Basura se establece que los residuos deben sacarse a la calle dos horas antes de que pase el camión recolector, se prohíbe el depósito de podas, escombros u otros residuos en la vía pública y se establece el adecuado mantenimiento de predios baldíos...	S/D
	3867/10	Directrices Departamentales y Microrregionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible.	Definición de líneas generales de acción por zonas definidas en todo el departamento. Respecto a residuos se hace referencia solo a "gestión de residuos" como línea de acción a tomar.	2010
Paysandú	7494	Ordenanza de Limpieza Pública	Refiere al control y fiscalización de los destinos de los residuos, limpieza de los espacios públicos y vía pública, terrenos baldíos, ocupación y estado de las veredas, vertido de aguas servidas y todo lo atinente a la limpieza pública.	S/D

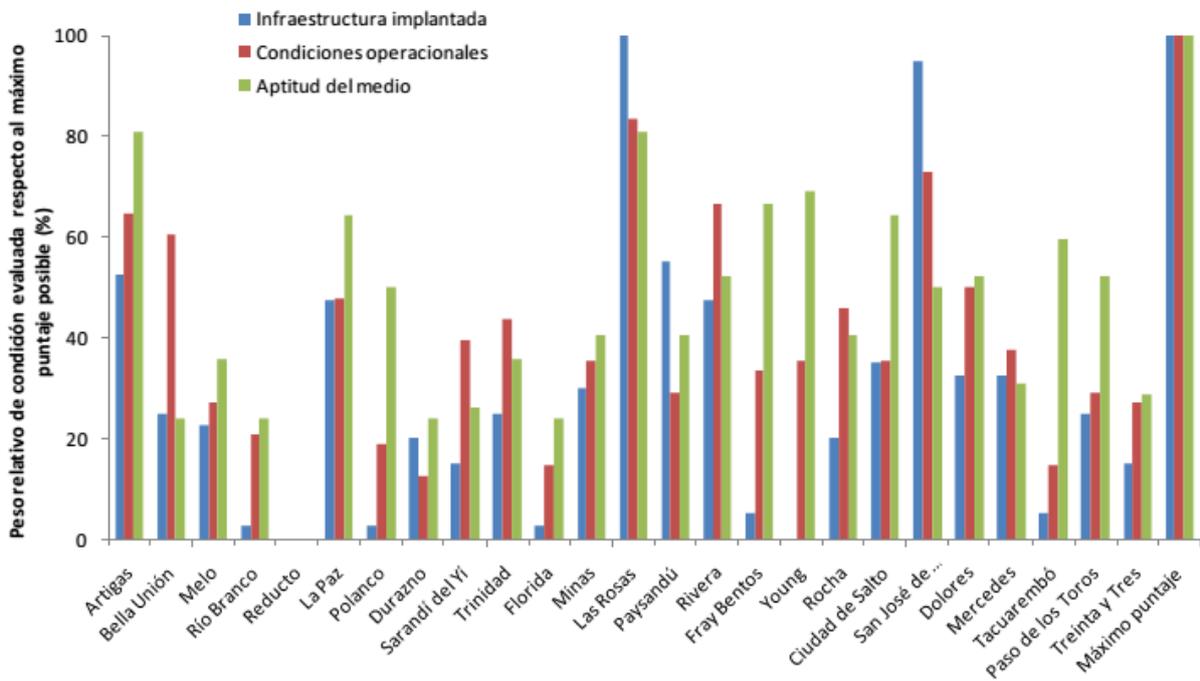
**Tabla A6-6: Normas y pautas relevadas a nivel departamental en 2011 en materia de residuos (cont.).** Fuente: (OPP - Uruguay Integra, 2011)

Departamento	Número	Nombre	Descripción	Año
Río Negro	101/007	Ordenanza Ambiental.	Creación de la Agenda Ambiental Departamental y que fuera presentada a la junta departamental de Río Negro en Noviembre de 2007.	2007
	2/972	Normas Higiene Salubridad Espacios Públicos.	Regula la Limpieza de calles y sitios de uso público, terrenos, veredas, la Recolección y Disposición Final de los Residuos.	1972
	830	Residuos de obra en planta urbana.	Regula el retiro de escombros materiales de desechos, tierra etc., depositados en los frentes y veredas de las fincas sitas en la planta urbana y suburbana de la ciudad.	1982
Rivera	204	Residuos sólidos urbanos.	Regula los residuos sólidos urbanos, concepto, almacenamiento, recolección, barrido y limpieza, transporte y traslado de RSU, disposición final de RSU, residuos especiales, hospitalarios, etc. y con sus correspondientes penalidades.	1979
	--	Ordenanza General de Protección Ambiental.	Amplia en conceptos ambientales: contaminación atmosférica, de las aguas, contaminación sonora, residuos sólidos, ordenamiento territorial, espacios naturales y de uso público, régimen de tenencia y protección de animales, impacto ambiental, educación ambiental y participación ciudadana.	2008
	--	Proyecto de Modificación de Ordenanza General de Protección Ambiental.	Gestión de residuos de grandes generadores. Se deberá presentar un plan de gestión de sus residuos, el que estará a la aprobación de la intendencia de Rivera. En esta ordenanza se fomenta la integración de estas empresas a programas que busquen reducir los impactos ambientales de los residuos sólidos urbanos e industriales como por ejemplo el programa de rutas limpias. Incluye neumáticos fuera de uso.	2010
Rocha	592/92	Ordenanza de salubridad e higiene.	Ordenanza de limpieza, muy general.	1992
	2909/06	--	Reglamentación de los lugares de cría de cerdos (a una distancia mínima de 1km de los vertederos).	2006
San José	2546	Ordenanza relativa a Limpieza y Residuos.	Recolección de residuos domiciliarios y públicos, limpieza, contralor de basurales y basurales municipales.	1988
Treinta y Tres	--	Normas generales de limpieza - muy antiguas.	--	S/D
	--	Traslado, depósito y quema de la cáscara de arroz.	--	2000

**Figura A6-7: Infraestructura de los sitios de disposición final (SDF) significativos (sin Montevideo)**  
 Fuente: (OPP - Uruguay Integra, 2011)

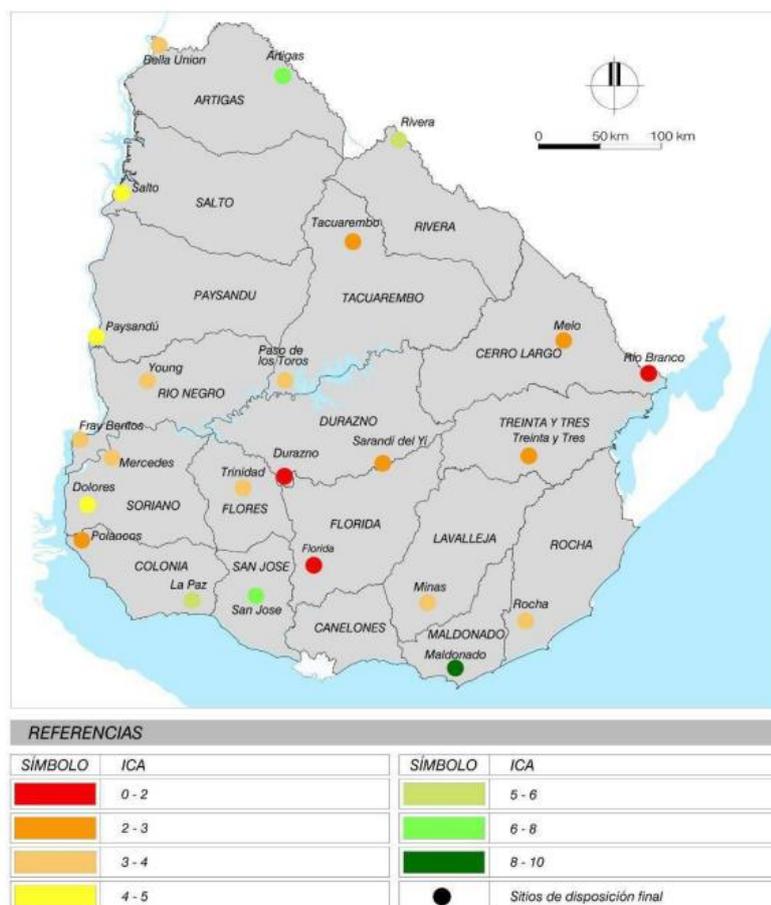


**Figura A6-8: Puntaje relativo para cada condición evaluada del ICA de los SDF significativos.**  
 Fuente: (OPP - Uruguay Integra, 2011)



**Figura A6-9: Indicador de calidad ambiental (ICA) de los SDF significativos.**

Fuente: (OPP - Uruguay Integra, 2011)



**Tabla A6-7: Resultados financieros del sector residuos - año 2010 (\$)**

Fuente: (OPP - Uruguay Integra, 2011)

Departamento	Ingresos Sector <sup>k</sup>	Costo Total Sector Residuos <sup>l</sup>	Resultado financiero del sector
Artigas	S/D	34.693.124	-
Canelones	S/D	300.484.934	-
Cerro Largo	S/D	42.917.255	-
Colonia	S/D	46.369.916	-
Durazno	S/D	22.136.153	-
Flores	6.544.060	13.169.370	-6.625.310
Lavalleja	8.627.383	18.898.895	-10.271.512
Maldonado	S/D	267.974.645	-
Paysandú	S/D	33.364.633	-
Rivera	10.000.000	29.411.671	-19.411.671
Salto	S/D	37.039.513	-
Soriano	17.214.783	61.180.835	-43.966.052
Tacuarembó	17.133.898	19.295.665	-2.161.767

De acuerdo con el diagnóstico realizado en 2011, el problema de la disposición final es el resultado de una inadecuada implantación, una infraestructura inexistente y una operación que no realiza las acciones mínimas necesarias para reducir los impactos. Los problemas se abordan con los recursos y las posibilidades disponibles por los gobiernos departamentales, que claramente son insuficientes, procurando que como mínimo la disposición esté controlada y se minimicen los impactos ambientales (OPP - Uruguay Integra, 2011).

En el mismo informe de 2011 se realizó una síntesis y análisis de las diversas acciones, proyectos y programas relacionados con la gestión de residuos, cuya ejecución finalizó en los cinco años previos o que se encontraran en formulación o ejecución, en los distintos departamentos del país, excluyendo el área metropolitana de Montevideo. Los 29 proyectos relevados, por un monto total de unos 9,2 MUS\$ (incluyendo alguno de alcance nacional), tenían como principal objetivo la instrumentación de sistemas de recolección y clasificación selectiva, así como mejoras en la recolección de RSU. Si bien el 22% de dichos proyectos se refieren a la disposición final, los montos financiados por esta área representan sólo el 13% del total, y mayormente comprenden sólo la etapa de consultoría, lo que se refleja en la baja calidad de la disposición final a nivel nacional.

En el área metropolitana de Montevideo (AMM) se han realizado también un número importante de proyectos relacionados a la gestión de residuos, entre los cuales se destacan los siguientes: Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana (2005) (OPP, 2005), el proyecto de recuperación de biogás de relleno sanitario de Montevideo (2007) (World Bank, 2007), el estudio de pre-factibilidad de la generación de energía a partir de residuos (2012) (Themelis & Barriga Díaz, 2012), y el tratamiento, valorización y disposición final de los RSU de Canelones generando combustible sólido recuperado (CSR) y produciendo compost, biogás y/o combustibles líquidos (2014) (IdC, 2014).

En junio de 2015 se cumplieron tres años de la puesta en funcionamiento de la planta de captura y quema controlada del biogás del sitio de disposición final de los residuos de la Intendencia de Montevideo, eliminando en ese período las emisiones de 146.774 ton de CO<sub>2</sub>eq (IdM, 2015). En noviembre de 2014 la Intendencia de Montevideo se convirtió en el primer organismo estatal uruguayo que recibió Certificados de Reducción de Emisiones (CRE), generados en la recuperación de gas en el relleno sanitario de la ciudad (IdM, 2015).

Por otro lado, desde 2005 está operativa la planta de generación eléctrica a partir de biogás del relleno sanitario Las Rosas del departamento de Maldonado. El proyecto fue financiado por medio de una donación del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (FMAM /GEF), con el objeto de difundir la experiencia en el país y la región. Los fondos fueron administrados a través del PNUD, con dirección y asesoría técnica del Banco Mundial. La Intendencia de Maldonado es la propietaria de la planta, que es operada y mantenida por la empresa privada Aborgama. La planta cuenta con dos generadores de combustión interna de 0,5 MW cada uno, y una antorcha quemadora para cuando no funcionan los generadores (Zamonsky & Bajsa, 2011) (Bajsa, 2010). Durante 20 años de operación el sistema permitiría eliminar más de 19.000 ton CH<sub>4</sub> (Aborgama, 2011).

En el Uruguay el compost no ha logrado penetrar en el mercado agrícola y de jardinería a gran escala. Un compost de buena calidad requiere de una separación estricta de los materiales no orgánicos, para evitar el rechazo de los potenciales usuarios por la sospecha de la presencia de sustancias tóxicas (p.ej. metales pesados) o simplemente por los efectos estéticos que generan los restos de vidrios o plásticos triturados. Por esta razón, para viabilizar su comercialización es que en general la fabricación de compost se ha limitado al empleo de determinados residuos orgánicos, que se colectan directamente por separado (p.ej. podas de jardín y árboles de ornato público). Son entonces pocas las iniciativas de compostaje y de pequeña incidencia, que en el caso de las gestionadas por intendencias a partir de los RSU son las siguientes:

- planta de compostaje de la Intendencia Municipal de Montevideo – TRESOR (capacidad para 12.000 ton/año de residuos, pero principalmente residuos de poda y lodos de tratamiento de efluentes)
- pequeña planta de compostaje en Colonia Valdense,
- nuevas experiencias en otras ciudades del interior como Rivera y Maldonado

Los primeros pasos fueron dados por las Intendencias de Río Negro y de Maldonado, pero ya han terminado. En Colonia Valdense se recolectan los residuos orgánicos dos veces por semana y se ha logrado una alta adhesión de la población. En la planta de compostaje de TRESOR ingresan residuos verdes, y del sector industrial. El 80% del compost producido es utilizado en las áreas verdes de la intendencia y el 20% es vendido a privados (CEMPRE, 2015).

En relación al reciclaje de materiales, los valores ya presentados en la Tabla 4.14 dan orientación de los volúmenes que se reciclan en el país. Además del reciclaje obtenido a través del sector informal (clasificadores), hay varias iniciativas institucionales que procuran promover el reciclado de diversos materiales a través de la separación en origen. En particular se destaca el Plan de Gestión de Envases (PGE) que surgió a partir de la Ley de Envases y Residuos de Envases de 2004 y su reglamentación de 2007. La Intendencia de Montevideo ha comenzado a implementar un sistema de recolección selectiva de residuos domiciliarios en algunos circuitos, edificios o complejos habitacionales de la ciudad, disponiendo de contenedores diferenciados para residuos secos y limpios (metales, plásticos, papel y cartón) y por otro lado residuos húmedos. Todo lo recolectado es enviado a 4 plantas de clasificación, donde se procura insertar a trabajadores del sector informal (IdM, 2015). La asociación civil sin fines de lucro CEMPRE (Compromiso Empresarial para el Reciclaje) es uno de los principales actores del país en la temática, y en cuya página web puede encontrarse información sobre la situación actual en el país específica para el reciclaje de cada material (CEMPRE, 2015).

#### **A6-4. Resumen de posibles opciones de tecnologías de mitigación en el sub-sector RSU local, sus potenciales de mitigación y otros posibles co-beneficios.**

La gran mayoría de los antecedentes en el país referentes a propuestas de medidas de mitigación a aplicar en el sub-sector RSU pasan por incorporar y operar nuevos rellenos sanitarios con captura de biogás, ya sea con o sin recuperación de energía. Ya en mayo de 2004 el Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático (PEMEGEMA) presentado en la Segunda Comunicación Nacional de Uruguay a la Conferencia de las Partes en la CMNUCC incluía dicha opción para los rellenos de Montevideo y Canelones. Las propuestas más recientes incorporan la generación de energía a partir de la incineración de RSU (plantas waste-to-energy, o WTE), y si bien mantienen la opción de captación de biogás del relleno, se encuentran en un contexto en que dicha alternativa ya se realiza en el país, en los sitios de disposición final de Montevideo y Maldonado.

En la [Tabla A6-8](#) se resumen los últimos antecedentes de propuestas de proyectos elaboradas en el ámbito de organismos estatales o municipales, indicando las potenciales reducciones en emisiones de GEI y los costos de reducción por tonelada de CO<sub>2</sub>eq, con y sin considerar los co-beneficios. En estos casos, el único co-beneficio considerado es por la venta de la electricidad generada. En la [Figura A6-10](#) se muestra la evolución de las emisiones de GEI por descomposición anaerobia de RSU estimadas como línea de base en 2014 para el Uruguay Low Carbon Case Study del Banco Mundial.

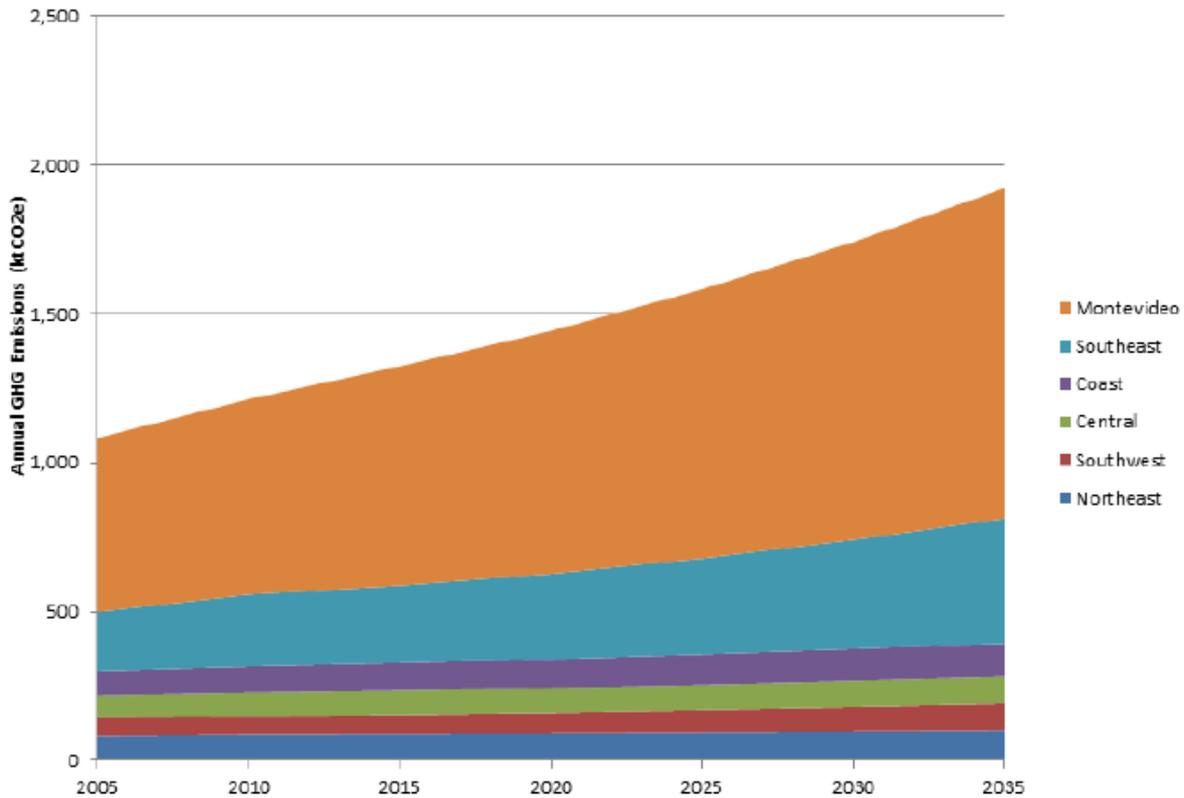
Se han planteado medidas de mitigación para reducir las emisiones de GEI en el sub-sector de RSU que apuntan a reducir la cantidad de residuos biodegradables que se descomponen anaeróbicamente (por reciclaje, compostaje u otros programas de reutilización), y que en general se encuentran en un marco más amplio de programas de reciclaje de materiales no biodegradables. Desde un enfoque de ciclo de vida, esto último también reduce las emisiones de GEI por los consumos energéticos menores que se requieren al reutilizar productos o producirlos a partir de material reciclado. Ejemplos de estas medidas están incluidas con las que proponen en el Plan Climático de la Región Metropolitana (PNUD, 2012), en su proyecto H4.3 (reducir el metano emitido por degradación anaerobia de residuos en el sitio de disposición final), dentro de la línea estratégica H4 (promover la reducción de emisiones de GEI asociada a la gestión de residuos).

**Tabla A6-8: Propuestas recientes de medidas de mitigación en el sub-sector RSU.** Fuentes: (OPP - Uruguay Integra, 2011) (Mattos, 2011)

Opciones de Mitigación	Bases	Reducción total de CO2 entre 2014 y 2035* ktCO2	Costo marginal social (sin co-beneficios) USD/tCO2	Costo marginal social (con co-beneficios) USD/tCO2
<b>Generación de energía eléctrica con biogás en SDF de RSU de Montevideo y Maldonado</b>	Instalación de nuevas líneas de captación en 25 ha de relleno de Montevideo, y extensión en 15 ha del relleno de Maldonado. En Montevideo se instala generador por motor de combustión interna de 3,6 MW; en Maldonado se usa la capacidad existente de 1 MW.	2.777	-17,4	-53,8
<b>Generación de energía eléctrica con incineración de RSU (WTE) en AMM</b>	Planta de incineración de RSU para generar energía eléctrica (WTE) procesando 460.000 ton/año de RSU con capacidad de generación de 40MW y factor de operación del 80%. Comenzaría a operar en 2016, con una vida útil de 20 años.	6.349	15,8	5,5
<b>Captación de biogás con quema en antorcha en SDF de Canelones</b>	Calculados en base a los datos departamentales de generación de residuos y el Modelo de Residuos de IPCC. La eficiencia de captación es del 50%, y la eficiencia de combustión en la antorcha es del 90%.	697	43,6	43,6
<b>Captación de biogás con quema en antorcha en SDF de otros departamentos</b>	Calculados en base a los datos departamentales de generación de residuos y el Modelo de Residuos de IPCC. La eficiencia de captación es del 50%, y la eficiencia de combustión en la antorcha es del 90%.	3.609	43,6	43,6
<b>Generación de energía eléctrica con biogás en SDF de RSU de AMM</b>	Usinas 6, 7 y 8 de Montevideo, generando entre 2012 y 2030; relleno de Cañada Grande generando entre 2022 y 2030; relleno de San José generando entre 2021 y 2030. El total de GWh generados en esos años es 208, 221 y 61,3, respectivamente.	2.467	-8	-33

\* excepto cuando se indica otra cosa en las bases

**Figura A6-10: Emisiones de GEI por regiones para sub-sector RSU en escenario de línea de base 2005-2035.** Fuente: (World Bank, 2014)



El proyecto H4.3 del PCRM tiene componentes en Canelones y en Montevideo.

En Canelones:

- experiencia piloto para la disposición y valorización de restos vegetales, mediante compostaje, chipeado y briquetas en el Parque Roosevelt
- Experiencia piloto actualmente consolidada en la zona de la costa y en expansión al resto del departamento para recolectar, clasificar y acondicionar para la venta residuos plásticos, cartón y nylon en el marco del programa Tu Envase Nos Sirve, coordinada con los ministerios de Medio Ambiente y Desarrollo Social y con la Cámara de Industrias

En Montevideo:

- Planta de captura de biogás en el sitio de disposición final, inaugurada el 5 de junio de 2012.
- Planta de tratamiento de residuos orgánicos (compostaje) que funciona desde el año 1999, con el consecuente menor volumen de disposición de residuos en el relleno sanitario, disminución de la producción de metano, recuperación de suelos por el compost y disminución de uso de fertilizantes químicos.
- Programa Mi Barrio Clasifica, para la recolección selectiva de residuos implementada en el Municipio CH desde junio de 2012.
- Proyecto de construcción de cuatro plantas de reciclaje (en el marco de la Ley de Envases).

No hay una cuantificación de la reducción de emisiones de GEI por las medidas anteriores, excepto para la captura de biogás. Esto es en parte debido a las incertidumbres asociadas en dichas estimaciones, pero también porque, como se mencionó en A6-1, en el marco de la metodología IPCC dichas reducciones por reciclado de materiales no se asignan al sector residuos, aunque pueden resultar en un aporte muy significativo. Por ejemplo, en 2012 el Instituto de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la UdelAR (Passeggi & Borzacconi, 2012) analizó los balances de masa y energía de distintas tecnologías consolidadas a nivel internacional para el tratamiento de los RSU del área metropolitana de Montevideo

(incineración, compostaje, digestión anaerobia, y relleno sanitario con captura de biogás), El estudio concluye que la incineración complementada con digestión anaerobia es la solución que logra la mayor generación de energía en cualquier escenario de reciclaje. Sin embargo, considerando el ciclo de vida de los residuos, el reciclaje genera un ahorro de energía mucho mayor que la generada por incineración.

#### **A6-5. Criterio y proceso para priorización de tecnologías en el sub-sector RSU**

Al comienzo de este capítulo del sector residuos se resume el proceso y los criterios que se emplearon para llegar a definir al sub-sector de RSU como el prioritario dentro de dicho sector.

Del análisis del contexto surge que la gestión de RSU, y en particular su disposición final, tiene en Uruguay situaciones muy dispares, con la mayoría de las ciudades del interior del país sin condiciones adecuadas de disposición final de los RSU, y unos pocos centros urbanos con un manejo al menos controlado de sus residuos. Entre estos últimos se encuentra el área metropolitana de Montevideo, que ya cuenta en Montevideo con un sistema de captura y quema en antorcha de biogás en las áreas más nuevas, además de evaluaciones a nivel de ingeniería de detalle de otras alternativas, como la recuperación de energía a partir de incineración (WTE) y combinaciones de combustible sólido recuperado (CSR, o RDF por refuse derived fuel) con relleno sanitario y reciclaje de materiales.

En este escenario, en las reuniones con los actores claves se concuerda que los mayores esfuerzos en el sub-sector de RSU deberían volcarse en mejorar las condiciones de las ciudades que hoy tienen sitios de disposición final en condiciones ambientales inadecuadas. Por otra parte, la gestión de los RSU de las comunidades más chicas (< 5.000 habitantes) es abordada por el proyecto BioValor, por lo que también quedaría fuera del alcance del proyecto ENT.

También se acuerda que en la medida que ya hay en el país una experiencia exitosa de al menos 10 años en captación de biogás de relleno sanitario con generación de energía eléctrica, como es el caso de Las Rosas en Maldonado, y que fue recientemente incorporada al sitio de disposición final en Montevideo (aunque sólo para quema en antorcha), se considera que ya hay suficiente capacidad técnica local como para apoyar su extensión en Uruguay. Por tanto, esta tecnología no debería ser priorizada en el marco del ENT.

#### **A6-6. Resultado de la priorización de tecnologías en el sub-sector RSU**

En función de las consideraciones del numeral anterior, se entiende que el proyecto ENT debería apoyar la implementación de tecnologías con menos desarrollo a nivel nacional, y que brinden una solución sostenible para las localidades de más de 5.000 habitantes que no disponen de una gestión ambientalmente adecuada de sus RSU.

Entre las tecnologías para RSU establecidas a nivel internacional que no tienen desarrollo local (y antes de entrar en consideraciones económicas o de escala) se pueden mencionar la incineración con recuperación de energía (WTE), el tratamiento mecánico – biológico (MBT) y la digestión anaerobia en reactores biológicos (aplicada a RSU). Los tratamientos por pirolisis y gasificación, para lo cual hay una buena base de desarrollo tecnológico en el país aplicado a residuos agroindustriales, también podrían ser opciones innovadoras a nivel local, pero no son considerados aún como tecnologías maduras para el tratamiento de RSU por el ISWA (Lamers, Fleck, Pelloni, & Kamuk, 2013).

El problema de escala para aplicación de las anteriores tecnologías tal vez pueda en algún caso abordarse transportando los residuos de dos o más comunidades para tratarlos en conjunto (p.ej. con transporte fluvial o ferroviario). No obstante, la realidad financiera de los gobiernos departamentales representa una barrera que imposibilita prácticamente cualquier solución tecnológica para la disposición adecuada y sostenible en el tiempo de sus RSU, incluyendo la captación de biogás con quema en antorcha. Si bien la gestión de los RSU en dichas comunidades podría mejorarse con algunas medidas técnico - administrativas que no representan erogaciones importantes (OPP - Uruguay Integra, 2011), las deficiencias de infraestructura e incapacidad para cubrir los costos operativos imprescindibles no pueden obviarse.

En este contexto, y hasta que no se procure una solución a nivel nacional para financiar la gestión ambientalmente adecuada de los RSU de las ciudades del interior, **no parece viable llevar adelante un proyecto ENT en el sub-sector RSU con dichas comunidades como objetivo. Por tal razón tampoco se**

**desarrolla el proceso de priorización de tecnologías**, algo que por otra parte requeriría generar información actualmente no disponible a nivel local, si se quiere priorizar sobre bases sólidas. Por ejemplo, la evaluación de los costos de la degradación ambiental resultante de la gestión inadecuada de los RSU puede ser en este caso una herramienta muy útil para los tomadores de decisión (SWEEP-Net, 2015). En cualquier caso, era necesario descartar un sector para limitarse al número máximo de ideas de proyectos de mitigación que recomienda el referente regional de UDP.

Sería de sumo interés para el futuro, en línea con lo que propone ISWA, que se habilitaran las opciones de reciclaje como propias del sector residuos, ya que al menos un estudio local ha demostrado que son las que reducen más las emisiones de GEI, aunque dicha reducción no necesariamente se concrete a nivel local.

**Nota:** la División Planificación Ambiental de DINAMA plantea como alternativa para proyecto ENT dentro del sub-sector RSU el desarrollo de una línea de investigación para la obtención de combustibles alternativos a partir de neumáticos usados (clasificados dentro de la categoría de residuos especiales), incluyendo además otros residuos especiales de la industria (p.ej. restos de hidrocarburos pesados de la refinería de petróleo). Desde el punto de vista del cambio climático, estudios de huella de carbono han dado como resultado que el combustible derivado de neumáticos (TDF = Tire Derived Fuel) emite por unidad de energía menos CO<sub>2</sub>eq que el carbón, pero más que el gas natural o el fuel oil. (Pehlken & Essadiqi, 2005) (IERE, 2009). Sustituir el uso de carbón en los hornos de cemento podría entonces reducir las emisiones de GEI, y a la vez solucionar el problema que representa el considerable volumen de neumáticos para los rellenos de residuos. Un aspecto crítico del empleo de este combustible alternativo en los hornos de cemento es el tamaño al cual se tritura el neumático, o conseguir un proceso que genere un combustible líquido, ya que si no se dosifica adecuadamente es frecuente que se generen problemas operativos en la combustión del horno. No obstante los beneficios de la recuperación de energía de los neumáticos usados, los mismos estudios muestran que algunas opciones de reciclado del material de los neumáticos (p.ej. la sustitución de materiales en carpetas asfálticas) consiguen reducciones más sustanciales en emisiones de GEI.