



## República de Cuba

### *Evaluación de Necesidades Tecnológicas ante el Cambio Climático.*

#### **(Technology Needs Assessments)**

#### **Informe Final TNA Adaptación**

#### **(Final Report on Adaptation Technologies)**

**Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente**

**Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía**

**(CUBAENERGÍA)**

La Habana, Cuba.

Abril 2013.



Este documento es el resultado del Proyecto Evaluación de Necesidades Tecnológicas, financiado por el *Global Environmental Facility* (GEF) e implementado por el *United Nations Environmental Programme* (UNEP) y el *UNEP-Risoe Centre* (URC), en colaboración con los Centros Regionales Fundación Bariloche y Libélula. El presente informe es el resultado de un proceso liderado por el país, y la visión e información contenida en el informe es resultado del trabajo del Comité Técnico TNA Adaptación, liderado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y el Ministerio de Educación Superior.

## Contenido

Índice de Figuras.....	8
Índice de Tablas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Glosario de Términos.....	10
Resumen Ejecutivo.....	13
1. Introducción.....	20
1.1 Sobre el proyecto TNA.....	20
2. Arreglos Institucionales para el TNA y el Involucramiento de Partes Interesadas.....	27
2.1 Equipo TNA.....	27
2.2 Actores: análisis general.....	29
2.2.1 Talleres.....	29
2.3 Revisión y análisis por parte del equipo técnico de documentos, informes, resultados de estudios, proyectos y evaluaciones.....	31
3. Selección de Sectores y Subsectores.....	33
3.1 Prioridades de Desarrollo y Vulnerabilidades.....	33
3.2 Selección de Sectores.....	39
3.3 Descripción de los sectores seleccionados.....	41
3.3.1 Sector Agricultura.....	41
3.3.2 Sector Recursos Hídricos.....	43
3.3.3 Sector Zonas Costeras.....	45
3.4 Selección de Subsectores.....	46
3.4.1 Selección de subsectores para la Agricultura.....	46
3.4.2 Selección de subsectores para los Recursos Hídricos.....	46
3.4.3 Selección de subsectores para las Zonas Costeras.....	47
4. Priorización y selección de Tecnologías.....	49
4.1 Selección de las Tecnologías.....	49
5. Priorización de Tecnologías para el sector Agricultura.....	53
5.1 Priorización de tecnologías para el subsector cultivos varios, granos y arroz.....	54
5.2 Priorización de tecnologías para el subsector producción silvícola.....	54
6. Priorización de Tecnologías para el sector Recursos Hídricos.....	56
6.1 Priorización de Tecnologías para subsector suministro de agua.....	57
6.2 Priorización de Tecnologías para subsector gestión de cuencas hidrográficas.....	57

7.	Priorización de Tecnologías para el sector Zonas Costeras. ....	59
7.1	Priorización de Tecnologías para subsector ordenamiento territorial. ....	59
7.2	Priorización de Tecnologías para subsector manejo de zonas costeras. ....	60
8.	Análisis de Barreras para el sector Agricultura. ....	62
8.1	Metas preliminares para la transferencia y difusión de la tecnología manejo del agua en sistemas de producción de arroz. ....	62
8.2	Descripción general de la tecnología manejo del agua en sistemas de producción de arroz. ....	62
8.3	Identificación de las barreras para la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”. ....	63
8.3.1	Barreras económicas y financieras. ....	64
8.3.2	Fallos/imperfecciones en el mercado. ....	65
8.3.3	Políticas, legales y reguladoras. ....	65
8.3.4	Fallos en la red. ....	66
8.3.5	Capacidad institucional y organizativa. ....	66
8.3.6	Aptitudes humanas. ....	67
8.3.7	Información y sensibilización. ....	67
8.3.8	Técnicos. ....	68
8.4	Medidas propuestas para contrarrestar las barreras identificadas para la tecnología “Manejo del agua en sistemas de producción de arroz”. ....	68
8.4.1	Medidas económicas y financieras. ....	68
8.4.2	Medidas para contrarrestar los fallos e imperfecciones en el mercado. ....	68
8.4.3	Medidas sobre políticas legales y reguladoras. ....	69
8.4.4	Medidas para contrarrestar los fallos en la red. ....	69
8.4.5	Medidas para contrarrestar una capacidad institucional y organizativa limitada: ..	69
8.4.6	Medidas para contrarrestar aptitudes humanas negativas. ....	70
8.4.7	Medidas relacionadas con la información y sensibilización. ....	70
8.4.8	Medidas relacionadas con el aspecto técnico. ....	71
8.5	Entorno habilitante para superar las barreras. ....	71
9.	Análisis de Barreras para el Sector Recursos Hídricos. ....	72
9.1	Metas preliminares en la transferencia y difusión de la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”. ....	72

9.2	Descripción general de la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”	72
	Esta tecnología constituye un paquete tecnológico compuesto por:	72
9.3	Identificación de las barreras para la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”	74
9.3.1	Barreras económicas y financieras	75
9.3.2	Fallos/imperfecciones en el mercado	75
9.3.3	Fallos en la red	75
9.3.4	Capacidad institucional y organizativa	75
9.3.5	Aptitudes humanas	76
9.3.6	Información y sensibilización	76
9.3.7	Técnicos	76
9.4	Medidas propuestas para contrarrestar las barreras identificadas para la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”	76
9.4.1	Medidas económicas y financieras	76
9.4.2	Medidas para contrarrestar los fallos/imperfecciones en el mercado	77
9.4.3	Medidas para contrarrestar los fallos en la red	77
9.4.4	Medidas para contrarrestar la capacidad institucional y organizativa limitada	77
9.4.5	Medidas para contrarrestar aptitudes humanas negativas	78
9.4.6	Medidas relacionadas con la información y sensibilización	78
9.4.7	Medidas técnicas	78
9.5	Entorno habilitante para superar las barreras	78
9.6	Vínculos entre las barreras del sector Agricultura y Recursos Hídricos	78
10.	Análisis de barreras para el sector Zonas Costeras	80
10.1	Metas preliminares para la transferencia y difusión de la “tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”	80
10.2	Descripción general de la “tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”	80
10.3	Identificación de las barreras de la “tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”	81
10.3.1	Barreras económicas y financieras	82
10.3.2	Barreras relacionadas con las fallas o imperfecciones en el mercado	83

10.3.3	Barreras relacionadas con la capacidad institucional y organizativa.....	83
10.3.4	Barreras sociales, culturales y de comportamiento.....	83
10.3.5	Barreras de información y sensibilización.....	84
10.4	Medidas propuestas para contrarrestar las barreras identificadas para la “tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.....	84
10.4.1	Medidas económicas y financieras.....	84
10.5	Entorno habilitante para superar las barreras.....	85
11.	Plan de Acción de Tecnología para el Sector Agricultura.....	86
11.1	Acciones para el nivel sectorial.....	86
11.1.1	Descripción sectorial y metas de difusión.....	86
11.1.2	Barreras a nivel sectorial y acciones propuestas.....	87
11.2	Plan de Acción para la tecnología “Manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.88	
11.2.1	Descripción de la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”. 88	
11.2.3	Barreras para la difusión de la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”. .....	89
11.2.4	Plan de acción propuesto para la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”. .....	90
12.	Plan de Acción de Tecnología para el Sector Recursos Hídricos.....	92
12.1	Acciones para el nivel sectorial.....	92
12.1.1	Descripción sectorial y metas de difusión.....	92
12.1.2	Barreras a nivel sectorial y acciones propuestas.....	94
12.2	Plan de acción para la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.....	95
12.2.1	Descripción de la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.....	95
	La tecnología constituye un paquete tecnológico compuesto por: .....	95
12.2.2	Meta para la transferencia y difusión de la tecnología.....	95
12.2.3	Barreras para la difusión de la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.....	96

12.2.4	Plan de acción propuesto para la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo” .....	96
13.	Plan de Acción de Tecnología para el Sector Zonas Costeras.....	98
13.1	Acciones para el nivel sectorial.....	98
13.1.1	Descripción sectorial y metas de difusión. ....	98
13.1.2	Barreras a nivel sectorial y acciones propuestas.....	99
13.2	Plan de Acción para la tecnología “Construcción de viviendas por encima de la cota de inundación” .....	99
13.2.1	Descripción de la tecnología “construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.....	99
13.2.2	Meta para la transferencia de la tecnología y su difusión. ....	100
13.2.3	Barreras para la difusión de la tecnología “construcción de viviendas por encima de la cota de inundación” .....	100
13.2.4	Plan de acción propuesto para la tecnología “construcción de viviendas por encima de la cota de inundación” .....	100
13.3	Temas transversales en los Planes de Acción Tecnológica de cada sector.....	102
14	Idea de Proyecto para el Sector Agricultura. ....	103
14.1	Breve resumen del sector. ....	103
14.2	Idea de Proyecto para la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.103	
14.2.1	Introducción y antecedentes.....	103
14.2.2	Objetivos del proyecto. ....	104
14.2.3	Objetivos específicos del proyecto. ....	105
14.2.4	Productos y resultados del proyecto. ....	105
14.2.5	Relación con el desarrollo sostenible del país y sus prioridades. ....	105
14.2.6	Alcance del proyecto.....	106
14.2.7	Actividades del proyecto y calendario.....	107
14.2.8	Presupuesto y requerimientos de recursos. ....	108
14.2.9	Medidas complementarias. ....	110
14.2.10	Posibles complicaciones y desafíos.....	110
14.2.11	Responsabilidades y Coordinación. ....	111
15	Idea de Proyecto para el Sector Recursos Hídricos. ....	112
15.1	Breve resumen del sector. ....	112

15.2	Idea de proyecto para la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”	112
15.2.1	Introducción y antecedentes	112
15.2.2	Objetivos del proyecto	113
15.2.3	Objetivos específicos	113
15.2.4	Productos y resultados	114
15.2.5	Relación con el desarrollo sostenible del país y sus prioridades	114
15.2.6	Alcance del proyecto y vínculos con otros proyectos	115
15.2.7	Actividades del proyecto y calendario	115
15.2.8	Presupuesto y requerimientos de recursos	116
15.2.9	Medidas complementarias	118
15.2.10	Posibles complicaciones y desafíos	119
15.2.11	Responsabilidades y coordinación	119
16	Ideas de Proyecto para el Sector Zonas Costeras	120
16.1	Breve resumen del sector	120
16.2	Idea de Proyecto para la tecnología “construcción de viviendas para disminuir su vulnerabilidad ante los peligros del cambio climático”	121
16.2.1	Introducción y antecedentes	121
16.2.2	Objetivos	125
16.2.3	Productos y Resultados	125
16.2.4	Relación con el desarrollo sostenible del país y sus prioridades	126
16.2.5	Alcance del proyecto y posible implementación	126
16.2.6	Actividades del Proyecto y calendario	126
16.2.7	Presupuesto y requerimientos de recursos	126
16.2.8	Posibles complicaciones y desafíos	127
16.2.9	Responsabilidades y coordinación	127
17	Conclusiones	128
	Bibliografía	131
	Anexos	133
	Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución relacionados con temas de agricultura	146
	Lista de los actores involucrados y sus contactos	150
	Comité Nacional TNA	153

Comité Técnico TNA Adaptación..... 153

**Índice de Figuras.**

Figura 1. Número de barreras y medias para la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.....	15
Figura 2. Principales actores de la cadena de Mercado para la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz” .....	15
Figura 3, Numero de barreras y medidas para la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para la extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo.” .....	16
Figura 4. Principales actores de la cadena de Mercado para la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para la extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo” .....	17
Figura 5. Número de barreras y medidas para la “Tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación” .....	17
Figura 6. Principales actores de la cadena de mercado para la “Tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación” .....	18
Figura 7. Organización del proceso. ....	23
Figura 8. Composición Comité Nacional ENT.....	27
Figura 9. Composición Comité Técnico ENT.....	28
Figura 10. Ubicación geográfica del archipiélago cubano.....	34
Figura 11. Variaciones y cambios del clima observados en Cuba.....	34
Figura 12. Gráfico de selección de sectores.....	41
Figura 13. Selección de subsectores para la Agricultura. ....	46
Figura 14. Selección de subsectores para Recursos Hídricos. ....	47
Figura 15. Selección de subsectores para las Zonas Costeras. ....	48
Figura 16. Ponderación de los criterios para la selección de las tecnologías. ....	52
Figura 17. Resultado de la Priorización de las tecnologías para el subsector cultivos varios, granos y arroz.....	54
Figura 18. Resultado de la priorización de tecnologías para el subsector producción silvícola... ..	55
Figura 19. Resultado de la priorización de tecnologías para el subsector suministro de agua. ....	57
Figura 20. Resultado de la priorización de tecnologías para el subsector gestión de cuencas hidrográficas. ....	58
Figura 21. Resultado de la priorización de tecnologías para el subsector ordenamiento territorial. ....	60
Figura 22. Priorización de tecnologías para el subsector manejo de zonas costeras. ....	61
Figura 23. Temperatura media anual de Cuba entre 1951 y el 2006. Incluye las medias móviles de cinco años de dichos valores. ....	104

Figura 24. Temperatura mínima media anual de Cuba entre 1951 y el 2006. Incluye las medias móviles de cinco años de dichos valores. .... 104

Figura 25. Peligro de inundaciones por penetración del mar para huracanes de categorías 1, 3 y 5. Municipio Manzanillo de la provincia de Granma. .... 122

Figura 26. Vulnerabilidad estructural de la zona Troya Calicito, por penetración del mar para un huracán de categoría 1. .... 123

Figura 27. Vulnerabilidad estructural de la zona Troya Calicito, por penetración del mar para un huracán de categoría 3. .... 123

Figura 28. Vulnerabilidad estructural de la zona Troya Calicito, por penetración del mar para un huracán de categoría 5. .... 124

Figura 29.1 y 29.2. Reuniones con representantes del Consejo de la Administración Provincial y delegados del OLPP para la conciliación de prioridades..... 124

Figura 30.1 y 30.2. Vulnerabilidades en componentes estructurales de las viviendas del poblado Troya: techos, vigas, materiales de construcción..... 125

## **Glosario de Términos.**

ha.: hectáreas.

kg: kilogramos.

t/m<sup>3</sup>: toneladas por metro cúbico.

km: kilómetro.

t/h: Tonelada por hora.

Mt: Mega toneladas (x10<sup>6</sup> t)

ADCM: Análisis de Decisión de Criterios Múltiples.

AENTA: Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada.

AMA: Agencia de Medioambiente.

ANPP: Asamblea Nacional del Poder Popular.

AZCUBA: Grupo Empresarial del Azúcar.

BCC: Banco de Crédito y Comercio.

CAA: Complejos Agroindustriales arroceros.

CAM: Consejo de la Administración Municipal.

CAP: Consejo de la Administración Provincial.

CCS: Cooperativas de créditos y servicios.

CDR: Comités de Defensa de la Revolución.

CECAT: Centro de Estudios de Arquitectura Tropical.

CETRA: Centro de Estudios del Transporte.

CIH: Centro de Investigaciones Hidráulicas.

CIH: Centro de Investigaciones Hidráulicas.

CITMA: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

CMNUCC: Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático.

CNCC: Comunicación Nacional sobre Cambio Climático.

CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono.

CPA: Cooperativas de Producción Agropecuaria.

CUBAENERGÍA: Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía.

CUBAHIDRÁULICA: Empresa suministradora de equipos hidráulicos.

CUC: Moneda Libremente Convertible.

DCI: Dirección de Colaboración Internacional del CITMA.

DCTI: Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación del CITMA.

DMA: Dirección de Medio Ambiente del CITMA.  
EAI: Evaluación Ambiental Integral  
ECOING: Empresa Constructora de Obras de Ingeniería.  
EDA: Enfermedades Diarreicas Agudas.  
EE.UU: Estados Unidos.  
EIPH: Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos.  
ENPC: Empresa Nacional de Perforación y Construcción.  
ENT: Evaluación de Necesidades Tecnológicas.  
GEAL: Grupo Empresarial de Acueducto y Alcantarillados.  
GEARH: Grupo Empresarial de Aprovechamientos de los Recursos Hídricos.  
GEI: Gases de Efecto Invernadero.  
GEIPI: Grupo Empresarial de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería.  
GEO: Global Environmental Outlook.  
I+D+i: Investigación, desarrollo e innovación.  
IES: Instituto de Ecología y Sistemática.  
IIAagri: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.  
INOC: Instituto de Oceanología.  
INRH: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.  
INSMET: Instituto de Meteorología.  
InSTEC: Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas.  
INV: Instituto Nacional de la Vivienda.  
IPCC: Panel Intergubernamental de Cambio Climático.  
IPF: Instituto de Planificación Física.  
IPF: Instituto de Planificación Física.  
IRA: Infecciones Respiratorias Agudas.  
ISPJAE: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.  
MEP: Ministerio de Economía y Planificación.  
MES: Ministerio de Educación Superior.  
MFP: Ministerio de Finanzas y Precios.  
MICONs: Ministerio de la Construcción.  
MINAG: Ministerio de la Agricultura.  
MINAL: Ministerio de la Industria Alimenticia.  
MINBAS: Ministerio de la Industria Básica.

MINCEX: Ministerio para la Inversión Extranjera y Comercio Exterior.

MINCIN: Ministerio de Comercio Interior.

MINED: Ministerio de Educación.

MINIL: Ministerio de la Industria Ligera.

MINREX: Ministerio de Relaciones Exteriores.

MINSAP: Ministerio de Salud Pública.

MITRANS: Ministerio del Transporte.

Moneda Total (MT): Suma de la componente en divisa (CUC) y el componente en moneda nacional (CUP).

OACE: Organismos de la Administración Central del Estado.

OLPP: Órgano Local del Poder Popular.

ONG: Organización No Gubernamental.

ONGs: Organizaciones No Gubernamentales.

PAT: Planes de Acción Tecnológicas.

PAURA: Programa de Ahorro y Uso Racional del Agua.

PNCIT: Programa Nacional de Ciencia e Innovación.

PNUD: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

PNUMA: Proyecto de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Procesos de I+D: Procesos de Investigación y Desarrollo.

PVR: Estudios de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos.

SENAE: Seminario Nacional de Energía en apoyo a la toma de decisiones.

TNA: Technology Needs Assessment.

UBPC: Unidades Básicas de Producción Cooperativa.

UMIV: Unidad Municipal Inversionista de la Vivienda.

USD: United States Dollar.

**Resumen Ejecutivo.**

El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) a través del Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA) desarrolla el proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas (ENT), conocido por sus siglas en inglés TNA (Technology Needs Assessment) cuyo objetivo fue la identificación, el análisis y la priorización de las necesidades tecnológicas que contribuyan a dar respuestas concretas y pertinentes a la adaptación al cambio climático y que estén en correspondencia con las políticas y prioridades nacionales del desarrollo sostenible de forma simultánea. Se determinaron las barreras que obstaculizan la adquisición, despliegue y difusión de las tecnologías consideradas prioritarias y los entornos habilitantes para las mismas, con una propuesta de acciones y/o medidas para la remoción o minimización de las barreras. Como resultado de todo el anterior se logró elaborar los Planes de Acción de Tecnologías (PAT) y la formulación de ideas de proyectos.

La ejecución del proyecto, contribuye a encontrar respuestas para disminuir la vulnerabilidad ante el cambio climático, a través de tecnologías que propicien reducir los impactos o aumentar la capacidad de adaptación. Todo esto, teniendo en cuenta las evaluaciones realizadas en Cuba en los últimos 15 años, sobre el clima, sus cambios e impactos asociados, refrendados en varios documentos oficiales, entre ellos el Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático y las Comunicaciones Nacionales a la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

Para el sector recursos hídricos: incremento de la demanda de agua, modificaciones en la dinámica de la relación hidráulica de los acuíferos costeros con el mar, afectaciones a las reservas de aguas subterráneas y a su calidad, así como a las estructuras hidráulicas, riesgos hidrológicos y reducción de las capacidades naturales de autodepuración de los cuerpos de agua. Todo esto conllevará a una disminución de la disponibilidad y calidad del recurso.

Para el sector agricultura: aumento de la temperatura media anual y reducciones progresivas en el régimen pluviométrico, lo cual se evidenciará en un incremento sistemático de la aridez del clima en el país, ocasionando una reducción progresiva de los rendimientos agrícolas, de riego y de secano, disminuyendo simultáneamente el potencial hídrico y la disponibilidad de agua para el regadío en los cultivos. También se esperan pérdidas de áreas cultivables debido a la intrusión salina y la degradación de tierras.

Para las zonas costeras: retroceso de la línea de costa con pérdidas en el territorio nacional, desaparición de los arrecifes de borde de plataforma, afectaciones en los ecosistemas de humedales e intrusión salina en los acuíferos costeros, muy relacionados con el incremento del nivel del mar.

En total se evaluaron 26 tecnologías para los tres sectores seleccionados: agricultura, recursos hídricos y zonas costeras, resultando 11 tecnologías priorizadas.

La preparación recibida en el marco del II Taller Nacional de desarrollo de capacidades en el análisis de barreras, de entornos habilitantes y planes de acción en tecnología [1] fue clave. El primer taller por los sectores agricultura, recursos hídricos y zonas costeras, se hizo de manera simultánea, con expertos y otros actores invitados para lograr mayor objetividad de los análisis de las barreras y posibles medidas para su remoción.

La coordinación general del trabajo fue de CUBAENERGÍA. El Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas (InSTEC) coordinó los sectores agricultura y recursos hídricos y la Agencia de Medio Ambiente (AMA) el sector zonas costeras. El equipo de dirección del TNA consideró aplicar la metodología de mapeo de mercado y de identificación de barreras y formulación de medidas, solo a la tecnología que resultó con mayor priorización para cada sector. La selección se basó en las políticas y prioridades expresadas en los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución [2], en el Programa Cubano de Enfrentamiento al Cambio Climático [3] y las Comunicaciones Nacionales a la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) [4, 5], resultados de los estudios de vulnerabilidad de las zonas costeras para los años 2050 y 2100 [6].

Los sectores agricultura, recursos hídricos y zonas costeras desarrollaron de conjunto talleres y reuniones, dado el papel transversal del agua en las tecnologías seleccionadas y de la complementariedad esperada por la participación de expertos en estos sectores. El grupo líder de estos talleres y reuniones estuvo integrado por expertos de diferentes especialidades del Instituto de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, CUBAENERGIA, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IIAagri), el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), el Instituto de Meteorología (INSMET), la Agencia de Medioambiente, el Instituto de Oceanología (INOC), el Instituto de Ecología y Sistemática (IES), el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), el Instituto de Planificación Física (IPF) y el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medioambiente (CITMA). Los resultados fueron puestos a consideración de otras partes interesadas, con los criterios emitidos se trabajó con equipos por sectores los que generaron finalmente los resultados que se presentan.

Las tres tecnologías seleccionadas fueron:

- **Manejo del agua en sistemas de producción de arroz:** Constituye un paquete tecnológico a través del cual se logra sistemas de riego más eficientes y aumentar los rendimientos en la producción de arroz.
- **Tecnologías para la perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo:** Constituye un paquete tecnológico el que permite con alta eficiencia y efectividad, perforar, recubrir y diseñar la explotación de pozos de alta demanda en el país.
- **Tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación:** Constituye una tecnología para disminuir la vulnerabilidad estructural de las viviendas en regiones amenazadas por los peligros del cambio climático: inundaciones costeras y fuertes vientos.

Para las tres tecnologías, de forma participativa y colegiada se realizó el mapeo de mercado:

- Análisis del entorno habilitante: políticas, leyes, regulaciones, institucionalidad, que intervienen de forma directa en el mercado.
- Identificación de los actores en el mercado de esta tecnología: los participantes directos que intervienen en la cadena de mercado desde la que producción hasta los consumidores.
- Determinación de los proveedores de servicios de apoyo y su real disponibilidad.

Esto fue clave para identificar y tipificar las barreras, y así diseñar posibles medidas para disminuir o eliminar los efectos de estas barreras en la transferencia y difusión de cada tecnología.

Para tecnología “Manejo del agua en sistemas de producción de arroz” del sector agricultura, dentro del subsector Cultivos Varios, Granos y Arroz, quedaron identificadas un total de 16 barreras y 19 medidas para contrarrestarlas. Esquemáticamente se muestra en la [figura 1](#).

Como se observa el mayor número de barreras está en las clasificadas como económica financieras, siguiéndoles las relacionadas con el mercado y luego vinculadas con actitudes humanas. En los casos de las medidas propuestas para las barreras económicas financieras, las fallas o imperfecciones en el mercado y fallas en la red, no corresponde igual número de medidas y barreras. En la [figura 2](#) se muestran los actores principales de la cadena de mercado, que como se puede observar no es compleja, lo que puede estar en correspondencia con lo explicado anteriormente.

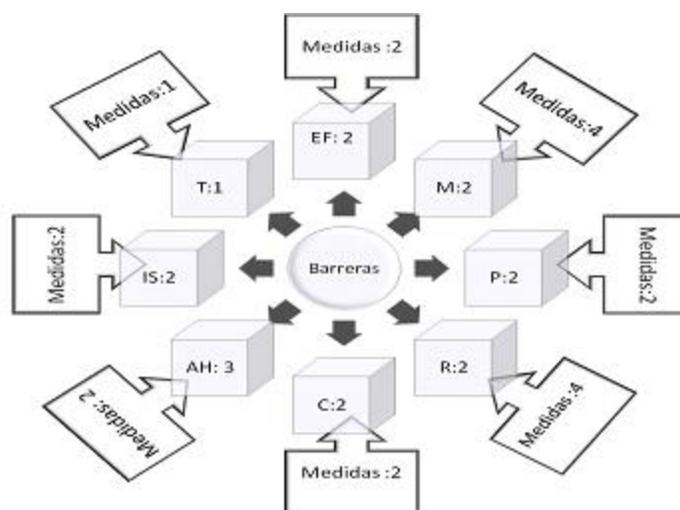


Figura 1. Número de barreras y medias para la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.

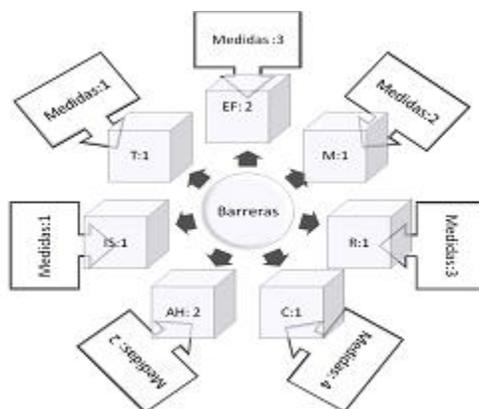
Leyenda de las barreras: EF- Económicas y Financieras, M- Fallas o imperfecciones en el mercado, P- Políticas, legales y reguladoras, R- Fallos en la red, C- Capacidad institucional y organizativa, AH- Aptitudes humanas, IS- Información y sensibilización y T- Técnicas.



Figura 2. Principales actores de la cadena de Mercado para la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”

**Leyenda de las cooperativas:** UBPC- Unidades Básicas de Producción Cooperativa, CPA- Cooperativas de Producción Agropecuaria, CCS-Cooperativas de Crédito y Servicio.

En el caso de la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo” fueron identificadas un total de nueve barreras y 16 medidas para superar estas barreras y facilitar la transferencia, adopción y difusión de esta tecnología. En la [figura 3](#) se representan cuántas de ellas corresponde a las áreas económica-financieras, fallas o imperfecciones en el mercado, fallos en la red, capacidad institucional y organizativa, aptitudes humanas, información y sensibilización y técnicas.



**Figura 3, Numero de barreras y medidas para la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para la extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo.”**

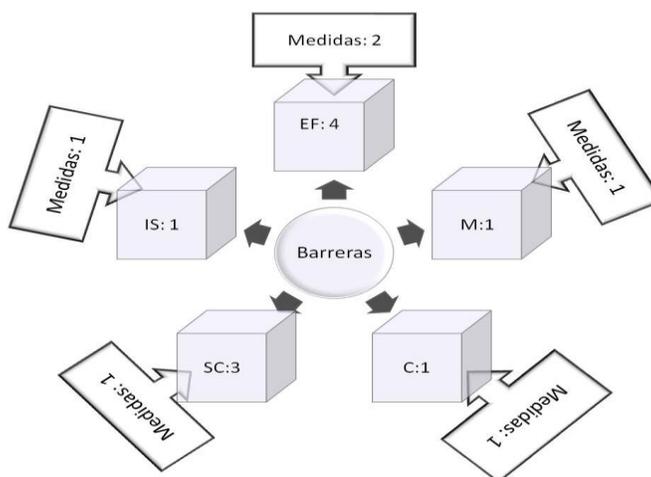
**Leyenda de las barreras:** EF- Económicas y Financieras, M- Fallas o imperfecciones en el mercado, P- Políticas, legales y reguladoras, R- Fallos en la red, C- Capacidad institucional y organizativa, AH- Aptitudes humanas, IS- Información y sensibilización y T- Técnicas.

Esta tecnología no tiene alta complejidad, ya que no requiere de grandes inversiones desde el punto de vista unitario, pero sí de recursos financieros para que se disponga de ella en todo el territorio nacional. Por las características de la misma no se identificaron barreras políticas legales y reguladoras, y en mayor cantidad aparecen las financieras. No obstante, el número de medidas casi duplicó a las barreras, ya que hay posibilidad de escoger al menos una de esas medidas o interconectarlas para que realmente se produzca el cambio más que todo en la propia red o en los que prestan servicios. En la [figura 4](#) se muestran los actores principales de la cadena de mercado, que como se puede observar, tienen un peso importante las empresas que pertenecen al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, y que al analizar los proveedores de servicios también se tiene una situación similar. De ahí que las medidas relacionadas con las barreras de fallos en la red, de capacidad institucional y técnicas, son muy importantes, sin quitar el peso que ostentan las económicas financieras.



**Figura 4. Principales actores de la cadena de Mercado para la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para la extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.**

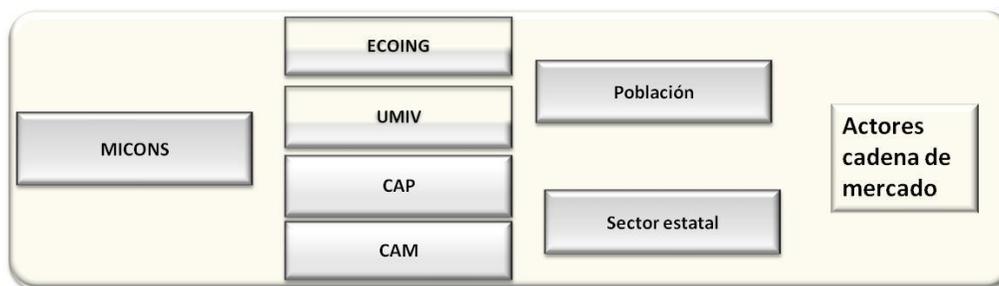
Para la tecnología “Tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación” se identificaron diez barreras y cinco medidas para superarlas, además de facilitar la transferencia, adopción y difusión de esta tecnología. En la [figura 5](#) se representan cuántas de ellas corresponden a las áreas económica-financieras, fallas o imperfecciones en el mercado. En las áreas que corresponden a la capacidad institucional y organizativa, los aspectos sociales, culturales y de comportamiento, y de información y sensibilización la medida encontrada es transversal para estas áreas.



**Figura 5. Número de barreras y medidas para la “Tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.**

**Leyenda:** EF-Económicas –Financieras, M-Fallas o imperfecciones en el mercado, C-Capacidad institucional y organizativa, SC: Sociales, culturales y de comportamiento-, IS- Información y sensibilización.

Esta tecnología no tiene alta complejidad, sin embargo requiere de una inversión inicial alta y está dirigida principalmente a ser utilizada por el público en general. Las principales barreras corresponden al área económica-financiera. El número de barreras superó al número de medidas, debido a que una sola medida tenía un alcance transversal que eliminaba tres tipos de barreras diferentes. Como se observa en la [figura 6](#) los actores principales son las empresas constructoras pertenecientes al Ministerio de la Construcción.



**Figura 6. Principales actores de la cadena de mercado para la “Tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.**

En el *Plan de Acción de Tecnologías (PAT)*, se presentan las acciones formuladas para lograr implementar las medidas que eliminan las barreras identificadas en el Informe II. Este PAT tiene como objetivo acelerar el proceso de transferencia de las tecnologías seleccionadas para los sectores agricultura, recursos hídricos y zonas costeras. De esta forma se pretende incidir oportuna y eficientemente en las prioridades establecidas para la adaptación al cambio climático y al desarrollo sostenible. El proceso para establecer el PAT para cada tecnología priorizada, partió de la reevaluación por el grupo de expertos en cada sector de las barreras y medidas identificadas para contrarrestarlas. De consenso se establecieron los criterios y se elaboró el plan de acción de cada tecnología, el que debe contribuir a viabilizar la transferencia y difusión de ellas en el sector y el país.

Para la tecnología “Manejo del agua en sistemas de producción de arroz” del sector agrícola se establecieron un total de 16 acciones; para la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo” en el sector recursos hídricos, se determinaron 15 acciones y para el sector zonas costeras se propusieron cuatro acciones para la tecnología “Construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.

Las *Ideas de Proyecto*, muestran una descripción breve y comprensible de las medidas incorporadas en el *Plan de Acción de Tecnologías*, de forma tal que puedan considerarse estas ideas favorables para el financiamiento. Las tecnologías priorizadas: *Manejo del agua en sistemas de producción de arroz; Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo y Construcción de viviendas para disminuir su vulnerabilidad ante los peligros del cambio climático*. Cada una de estas tecnologías corresponde a los sectores Agricultura, Recursos Hídricos y Zonas Costeras respectivamente, vitales para el desarrollo sostenible del país y al mismo tiempo son altamente sensibles a los escenarios climáticos futuros.

Para obtener una propuesta atractiva con el desarrollo de estas ideas de proyecto, una vez establecidos los objetivos generales y específicos, se mostraron las relaciones de cada una de estas tecnologías con las prioridades para el desarrollo sostenible del país. Estas tecnologías están en correspondencia con los lineamientos de la política económica y social del país y se insertan en con programas de desarrollo y para enfrentar los riesgos asociados al cambio climático. Se desarrolló además un calendario para la ejecución de estos proyectos tomando en cuenta los análisis y criterios de los expertos en cada uno de los sectores.

Los resultados de los análisis fueron detallados con los estudios de presupuestos y requerimientos de recursos para la ejecución del proyecto, los responsables de las actividades y las instituciones para la coordinación de dichas actividades. Se muestran además las posibles complicaciones y desafíos que se podrían enfrentar y se brinda un compendio de medidas complementarias para optimizar el proceso de transferencia.

## **1. Introducción.**

### **1.1 Sobre el proyecto TNA.**

El proyecto de Evaluación de Necesidades de Tecnologías (ENT), conocido por sus siglas en inglés TNA (Technology Needs Assessment), se implementa en Cuba por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medioambiente (CITMA), a través del Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA). Este proyecto está en correspondencia con las prioridades para el desarrollo del país, lo que se expresa en los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución, aprobados el 18 de abril del 2011[2], y con los resultados de diferentes evaluaciones realizadas sobre el cambio climático y los posibles impactos.

En los lineamientos, está claramente enunciado que la política económica se dirige a enfrentar los problemas de la economía transitando por soluciones a corto y largo plazo. Las soluciones a más largo plazo (soluciones del desarrollo sostenible) deben conducir a una autosuficiencia alimentaria y energética altas, un uso eficiente del potencial humano, una elevada competitividad en las producciones tradicionales, así como el desarrollo de nuevas producciones de bienes y servicios de alto valor agregado. Igualmente, y referido al diseño de la política integral de ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente, se señala, que ésta debe tener en consideración la aceleración de sus procesos de cambio y creciente interrelación, a fin de responder a las necesidades del desarrollo de la economía y la sociedad a corto, mediano y largo plazo; orientada a elevar la eficiencia económica, ampliar las exportaciones de alto valor agregado, sustituir importaciones, satisfacer las necesidades de la población, protegiendo el entorno, el patrimonio y la cultura nacionales.

La ejecución del proyecto contribuye a encontrar respuestas para disminuir la vulnerabilidad ante el cambio climático, a través de tecnologías que propicien reducir los impactos o aumentar la capacidad de adaptación. Todo esto, teniendo en cuenta las evaluaciones realizadas en Cuba en los últimos 15 años, sobre el clima, sus cambios e impactos asociados, refrendados en varios documentos oficiales, entre ellos el Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático y las Comunicaciones Nacionales [3] a la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

Es así, que en este informe se hace la identificación, el análisis y la priorización de necesidades tecnológicas que contribuyan a la adaptación, en correspondencia con las políticas y prioridades cubanas de desarrollo sostenible en su interrelación con el clima cambiante.

Para el desarrollo del proyecto fue constituido un Comité Nacional y un Comité Técnico. El Comité Nacional fue conformado por representantes de los principales ministerios relacionados con el objetivo de la evaluación. El Comité Técnico, integrado por CUBAENERGÍA como coordinador del TNA, comprendía además a representantes de los principales sectores involucrados y cuatro consultores, dos para mitigación de CUBAENERGIA y dos para adaptación, pertenecientes a la Agencia de Medioambiente (AMA) y al Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InSTEC).

Este proceso de Evaluación de Necesidades de Tecnologías se caracterizó por una amplia participación de los diferentes actores, los que constituyen las partes interesadas, a través de talleres, consultas y revisiones bajo los enfoques de multidisciplinariedad y transversalidad,

reconociendo el valor de cada criterio emitido, a través de análisis grupales. De esta forma fue posible que las tecnologías propuestas en el propio sector se percibieran con un enfoque intersectorial y respondieran certeramente a las prioridades agrupadas en sociales, económicas y ambientales.

## **1.2. Políticas nacionales de cambio climático y prioridades de desarrollo sustentable.**

En Cuba en la Constitución de la República [2] en su Artículo 27 se establece que “El Estado protege al medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar ésta política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y de todo el uso potencial de la naturaleza.

Cuba es Parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático desde el 5 de enero de 1994. Desde el año 1991 se crea la Comisión Nacional sobre Cambio Climático en la Academia de Ciencias de Cuba, la cual organiza la primera evaluación científica de los impactos potenciales del cambio climático, y los estudios para la adaptación a éste. En estos estudios, el rol principal lo jugó el Instituto de Meteorología (INSMET). A partir de 1995 se aprueba y convoca el Programa Nacional de Ciencia e Innovación (PNCIT) “Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano” el cual interconectó a las instituciones científicas, universidades y otros actores en proyectos de carácter priorizado. En el año 1997 se establece el Grupo Nacional de Cambio Climático, realizándose la primera evaluación sobre las variaciones y cambios observados en el clima de Cuba dentro del PNCIT.

Con la ratificación del Protocolo de Kioto el 30 de abril de 2002, se formalizaron las acciones en apoyo a la CMNUCC, como las Comunicaciones Nacionales, los inventarios de GEI, los estudios de mitigación y adaptación, análisis de vulnerabilidad y riesgos, entre otros.

Los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución [2] establecen: “Sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y adecuar la política ambiental a las nuevas proyecciones del entorno económico y social. Priorizar estudios encaminados al enfrentamiento al cambio climático y, en general, a la sostenibilidad del desarrollo del país. Enfatizar la conservación y uso racional de recursos naturales como los suelos, el agua, las playas, la atmósfera, los bosques y la biodiversidad, así como el fomento de la educación ambiental”.

La Estrategia Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación [7] hasta el 2015 en uno de sus tres objetivos de carácter general establece: “Aumentar a corto plazo el impacto de los resultados científicos y tecnológicos, en especial, en el incremento de la productividad, las exportaciones, la sustitución de importaciones, la sostenibilidad energética, el ahorro de recursos y el mejoramiento de la calidad de vida de la población”.

En la Estrategia Ambiental Nacional [8] se reconocen como los principales problemas ambientales del país: la degradación de los suelos, afectaciones a la cobertura forestal, contaminación, pérdida de la diversidad biológica y carencia de agua. La política ambiental cubana se ejecuta mediante una gestión integral que utiliza los instrumentos que se presentan a continuación, según el Artículo 18 de la Ley 81 de Medio Ambiente [9]:

- La Estrategia Ambiental Nacional, el Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo, y los demás programas, planes y proyectos de desarrollo económico y social,
- La propia Ley 81, su legislación complementaria y demás regulaciones legales destinadas a proteger el medio ambiente, incluidas las normas técnicas en materia de protección ambiental,
- El ordenamiento ambiental,
- La licencia ambiental,
- La evaluación de impacto ambiental,
- El sistema de información ambiental,
- El sistema de inspección ambiental estatal,
- La educación ambiental,
- La investigación científica y la innovación tecnológica,
- La regulación económica,
- El Fondo Nacional del Medio Ambiente,
- Los regímenes de responsabilidad administrativa, civil y penal.

Todo lo anterior demuestra, la coherencia de la política cubana relacionada con el medio ambiente, el enfrentamiento al cambio, la ciencia, la tecnología y el desarrollo sostenible, expresado en los lineamientos para cada una de las esferas que conforman la política económica y social del país, como por ejemplo:

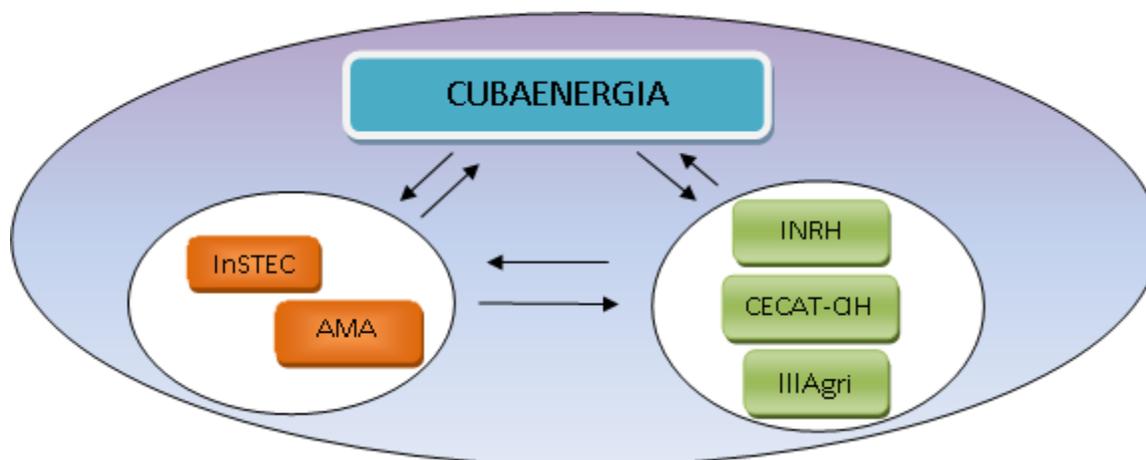
- Las inversiones fundamentales a realizar responderán a la estrategia de desarrollo
- del país a corto, mediano y largo plazos, erradicando la falta de profundidad en los estudios de factibilidad y la carencia de integralidad al emprender una inversión. Las inversiones se orientarán prioritariamente hacia la esfera productiva y de los servicios para generar beneficios en el corto plazo, así como hacia aquellas inversiones de infraestructura necesarias para el desarrollo sostenible de la economía del país.
- Las entidades económicas en todas las formas de gestión contarán con el marco regulatorio que propicie la introducción sistemática y acelerada de los resultados de la ciencia, la innovación y la tecnología en los procesos productivos y de servicios, teniendo en cuenta las normas de responsabilidad social y medioambiental establecidas.
- Definir una política tecnológica que contribuya a reorientar el desarrollo industrial, y que comprenda el control de las tecnologías existentes en el país; a fin de promover su modernización sistemática atendiendo a la eficiencia energética, eficacia productiva e impacto ambiental, y que contribuya a elevar la soberanía tecnológica en ramas estratégicas. Considerar al importar tecnologías, la capacidad del país para asimilarlas y satisfacer los servicios que demanden, incluida la fabricación de piezas de repuesto, el aseguramiento metrológico y la normalización.
- En la actividad agroindustrial, se impulsará en toda la cadena productiva la aplicación de una gestión integrada de ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente, orientada al

incremento de la producción de alimentos y la salud animal y del aprovechamiento de las capacidades científico-tecnológicas disponibles en el país.

- El desarrollo de proyectos locales, conducidos por los Consejos de Administración Municipales, en especial los referidos a la producción de alimentos, constituye una estrategia de trabajo para el autoabastecimiento municipal, favoreciendo el desarrollo de las mini-industrias y centros de servicios.

Para realizar el estudio de las barreras y el entorno habilitante se tuvieron en cuenta las siguientes metodologías: Manual para la Evaluación de las Necesidades Tecnológicas para la Adaptación [10], con el fin de establecer un marco lógico, la guía para el Análisis de Barreras, las Perspectivas y Experiencias Prácticas para la Adaptación [11], los resultados de los estudios de vulnerabilidad de las zonas costeras para los años 2050 y 2100 [6], así como las experiencias obtenidas en talleres y comunicaciones nacionales [4, 5].

Teniendo en cuenta que las tecnologías para la adaptación al cambio climático se pueden describir como “...un segmento de equipo, técnica, conocimiento práctico o calificación para desarrollar una actividad específica” [12]. El trabajo metodológico se basó principalmente en el fortalecimiento de los grupos de trabajo con la inclusión de nuevos especialistas y expertos en los temas relacionados con los sectores y tecnologías seleccionadas en el informe previo, así como una mayor sinergia y cohesión entre las partes interesadas y coordinadores del proyecto, mostrándose de forma resumida en la [figura](#) a continuación:



**Figura 7. Organización del proceso.**

Para los análisis ulteriores se tuvieron en cuenta las tecnologías priorizadas en el informe I [2]:

- Manejo del agua en sistemas de producción de arroz.
- Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo.
- Tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación.

Los análisis fueron realizados para estas tecnologías debido a que estas fueron las de mayor interés para las políticas de desarrollo del país. Además, son las tecnologías que mejor se adaptan a los escenarios climáticos futuros del país [2, 4, 5].

Previamente se clasificaron las tecnologías analizadas de acuerdo a su pertinencia en el grupo de bienes mercantiles o en el grupo de bienes no mercantiles. Luego se procedió al análisis de barreras, cuyo objetivo principal era identificar los obstáculos que impiden la adquisición y difusión de las tecnologías priorizadas. Fue necesario entonces realizar el mapeo de mercado a las tecnologías con el fin de viabilizar el proceso.

El mapeo de mercado propicia un marco analítico para comprender los sistemas de mercado y establece una aproximación al desarrollo del mercado de forma sistemática y participativa. Además, consiste en una herramienta para explorar los actores en el mercado para una tecnología, los servicios de apoyo disponibles y el entorno habilitante propicio. En esencia, permite establecer para los participantes y enlaces de la cadena de mercado un ambiente favorable y adecuados proveedores de servicio, para entonces desarrollar marcos instrumentales que permitan superar las barreras y facilitar la transferencia, adopción y difusión de las tecnologías.

Una vez realizado el mapeo de mercado correspondiente se identificaron las barreras que impiden la adquisición y difusión de las tecnologías priorizadas y se desarrollaron marcos instrumentales para superar dichas barreras. Para ello se tuvieron en cuenta una serie de pasos lógicos de acuerdo a la experiencia acumulada y la metodología adquirida mediante talleres y consultas bibliográficas [12]. Estos pasos consistieron en identificar todas las posibles barreras una vez organizado el proceso, las cuales se clasificaron en dependencia de su importancia clave y luego se jerarquizaron para realizarles un posterior análisis causal.

De acuerdo a las barreras establecidas fue necesario realizar el análisis ulterior con el fin de encontrar soluciones. Para ello, de acuerdo al proceso metodológico seguido se transformaron las barreras encontradas en medidas para sortear dichas barreras, y posteriormente se evaluaron las medidas y se agruparon de acuerdo a los vínculos entre barreras.

Entre los mayores impactos identificados a nivel internacional por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) [13], figuran las crisis vinculadas a los recursos hídricos y alimentarios, lo que combinado a otras inestabilidades, el cambio climático puede igualmente contribuir a la multiplicación de las crisis ligadas a la caída de los ingresos y en los mercados.

La cuestión de la capacidad de adaptación concierne no solamente a los sistemas de producción agrícola, sino también en el sector residencial y otros consumidores, así como a los sectores económicos altamente distribuidores de empleos e ingresos y que condicionan el acceso a la alimentación. Estas consideraciones nos orientan hacia una concertación intersectorial sobre las relaciones entre cambio climático y seguridad alimentaria, que no se limitan únicamente a la cuestión de la producción agrícola.

Lo planteado anteriormente se corrobora con la afectación en la disponibilidad del agua en los últimos tiempos, pues se ha registrado durante un período de diez años (1992 - 2001) que el 90% de todos los desastres naturales fueron de origen meteorológico o hidrológico [14].

En nuestro país se han previsto las vulnerabilidades ante los escenarios climáticos futuros para el sector agrícola, entre las principales se presenta el déficit en la disponibilidad de agua para cultivos y animales. Varios estudios indican que el arroz continuará teniendo rendimientos potenciales que pueden considerarse aceptables, pero la falta de disponibilidad progresiva del agua para regadío conllevaría a la reducción de áreas plantadas consideradas como óptimas en la actualidad. Asimismo, habría que añadir los impactos esperados en pérdida de áreas hoy

cultivables debido a la salinización, degradación de tierras y a la esperada elevación del nivel del mar.

Estas consecuencias permiten establecer la transversalidad entre los sectores analizados (Agricultura, Recursos Hídricos y Zonas Costeras), ya que los recursos hídricos se verán afectados en cuanto a calidad y disponibilidad debido a la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos (huracanes, sequías intensas, etc.). Lo que se acentúa aún más por el evidente deterioro de las barreras naturales protectoras de las zonas costeras (manglares, dunas y arrecifes coralinos), este asunto es particularmente preocupante en la región del Caribe.

En las zonas costeras del archipiélago cubano se pronostican [6] elevaciones en el nivel del mar de 27 cm para el año 2050 y de 85 cm para el año 2100, así como el aumento de la intensidad y ocurrencia de eventos hidro-meteorológicos extremos (huracanes, inundaciones costeras, sequías intensas, incendios rurales, entre otros). Ante estos eventos son muy vulnerables los asentamientos costeros, en los que se desarrollan, entre otras, actividades industriales, portuarias, pesqueras, turísticas y agrícolas de vital importancia para el desarrollo socioeconómico del país.

En los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución [2], está claramente enunciado que la política económica se dirige a enfrentar los problemas de la economía transitando por soluciones a corto, mediano y largo plazo. Las soluciones a largo plazo (soluciones del desarrollo sostenible) deben conducir a elevar la capacidad alimentaria, un uso eficiente del potencial humano, una elevada competitividad en las producciones tradicionales, así como el desarrollo de nuevas producciones de bienes y servicios de alto valor agregado.

Igualmente, y referido al diseño de la política integral de ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente se señala que, ésta debe tener en consideración la protección del medio ambiente, el uso racional de los recursos naturales y la aceleración de sus procesos de cambio y creciente interrelación. Esto se establece con el fin de responder a las necesidades del desarrollo de la economía y la sociedad a corto, mediano y largo plazo, orientadas a elevar la eficiencia económica, ampliar las exportaciones de alto valor agregado, sustituir importaciones, satisfacer las necesidades de la población, para proteger el entorno, el patrimonio y la cultura nacionales.

A partir del compendio de medidas, identificadas en el informe *Análisis de Barreras y Entorno Habilitante* y correspondientes a cada uno de los sectores, se elabora el Plan de Acción Tecnológico (PAT) para las tecnologías de cada uno de estos. Para ello se deben establecer las barreras y metas de difusión a nivel sectorial, así como sus correspondientes acciones. Una vez establecidas las directrices anteriores se discute y se aprueba por el grupo de expertos el plan de acción para cada una de las tecnologías. Con tal propósito se describen las tecnologías, sus metas de difusión correspondientes, las barreras asociadas que impiden su transferencia y las acciones que proporcionen su potencial en términos de beneficios y contribuciones a las prioridades de desarrollo del país.

Para el desarrollo de las *Ideas de Proyecto* se analizaron las tecnologías propuestas en los sectores priorizados: Agricultura, Recursos Hídricos y Zonas Costeras, atendiendo a evaluaciones anteriores, procesos de I+D, y la transversalidad existente entre los mismos según las leyes, normativas, programas de desarrollo económico-social y las medidas establecidas para lograr con éxito la transferencia y difusión de estas tecnologías. Los problemas identificados en los escenarios actuales y futuros para los tres sectores permitieron disponer de una visión sobre la contribución de la adaptación a la sostenibilidad de los proyectos.

Debido a la importancia y trascendencia de las tecnologías seleccionadas se realiza la elaboración de las ideas de proyecto. Estas ideas constituyen una descripción comprensible de las medidas seleccionadas para el Plan de Acción de Tecnologías, que pueden considerarse elegibles para el financiamiento. Se diseña entonces el plan de actividades para la ejecución del proyecto tecnológico y la duración de este proceso, por lo que resulta necesario realizar análisis económicos con el fin de estimar el presupuesto necesario para el despliegue efectivo de estas tecnologías, lo cual se logra mediante la determinación de los costos de cada uno de sus componentes y equipamientos.

## 2. Arreglos Institucionales para el TNA y el Involucramiento de Partes Interesadas.

### 2.1 Equipo TNA.

El proceso de evaluación de necesidades tecnológicas con vistas a la adaptación al cambio climático en Cuba, constituyó un proceso complejo y flexible, en el que fue necesario diseñar, planificar y conducir el mismo con una amplia participación de actores. Para la selección de estos actores, los que constituyen las partes interesadas en el proceso, se tuvo en cuenta que representaran organismos e instituciones reguladoras, económicas-financieras, comerciales, de toma de decisiones, de sectores productivos y de servicios, de instituciones de interfase, de la comunidad académica y de Organizaciones No Gubernamentales (ONGs). Con ellos se garantizaba una capacidad inicial para realizar aportes en el proceso de evaluación y en las decisiones que se fueran plasmando. A los conocimientos existentes (datos e informaciones) y los generados en el proceso se le aplicaron criterios de especialistas que se fueron involucrando, para llegar a respuestas creíbles relacionadas con el objetivo de esta evaluación e integrada a los programas de desarrollo establecidos en el país. De esta forma se lograba reforzar la capacidad endógena e incorporar avances de la ciencia y la tecnología y elementos de buenas prácticas para realizar evaluaciones que relacionan el medio ambiente y el desarrollo.

Para el proceso TNA en Cuba se creó el Comité Nacional ([Figura 8](#)), presidido por el CITMA, con la participación del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREX), Ministerio del Comercio Exterior (MINCEX), Ministerio de Economía y Planificación (MEP), Ministerio de Educación Superior (MES), Ministerio de Finanzas y Precios (MFP), Ministerio de la Industria Básica (MINBAS), Ministerio de la Agricultura (MINAG) y Ministerio del Transporte (MITRANS); esto permitió disponer del adecuado nivel político y de toma de decisiones. El Comité Nacional juega un rol en la selección y aprobación de las tecnologías que puedan entrar a un proceso de inversión, según las prioridades aprobadas por el país en los sectores con potencialidades, para así poder contar con los avales correspondientes emitidos por el CITMA, como organismo nacional que preside dicho comité.



Figura 8. Composición Comité Nacional ENT.

La selección de los integrantes del Comité Técnico (Figura 9), se basó en la consideración de las prioridades, los roles de los sectores, la experiencia previa en proyectos nacionales e internacionales, en la 1ra [4] y 2da [5] CMNUCC, en GEO [7] Cuba, en estudios de vulnerabilidad y riesgo y en la participación en procesos de transferencia de tecnologías. Se tuvo en cuenta el grado de motivación y comprometimiento con el proceso de evaluación. Este Comité fue coordinado por CUBAENERGIA, institución cubana con experticia en temas de gestión de proyectos, evaluación de procesos, información y energía. En el caso de la adaptación se trabajó con dos consultores uno de la AMA y otro del InSTEC, cada uno de ellos coordinó un grupo de trabajo.

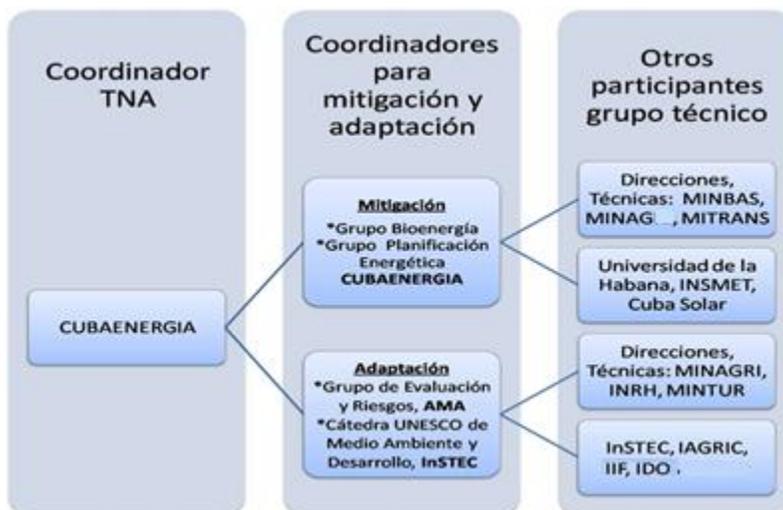


Figura 9. Composición Comité Técnico ENT.

El InSTEC es un centro de gran relevancia para el país, siendo una universidad de avanzada dentro de la educación superior cubana. Tiene una capacidad de respuesta para las necesidades del CITMA y otros organismos de la administración central del Estado, en el área de gestión de la ciencia, tecnología y medioambiente. Varios miembros de su claustro de profesores e investigadores han participado activamente en proyectos de programas nacionales vinculados con los problemas ambientales, riesgos, la sostenibilidad y el desarrollo, en el GEO Cuba y en las comunicaciones nacionales.

La AMA coordina los estudios de peligros, vulnerabilidad y riesgos de origen natural, tecnológico y sanitario, todos con alcance territorial y en correspondencia con lo establecido por la Directiva 1/2005 del Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil [2]. Además, coordina el macro-proyecto de vulnerabilidad de las zonas costeras ante la elevación del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100. El INSMET, que forma parte de la AMA, coordina las Comunicaciones Nacionales, el equipo Técnico Nacional de inventarios de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y diferentes estudios realizados con la participación de centros de investigación, universidades, ministerios, ONGs, entre otros.

Este esquema permitió avanzar con mayor celeridad y profundizar mucho más en aspectos específico del sector. No obstante, la transversalidad de los enfoques y resultados, se garantizó, a través de talleres y encuentros múltiples por el rol jugado entre los consultores.

De esta forma, fue creado así un equipo para diseñar, planificar, conducir, analizar, asesorar y evaluar el proceso y sus resultados intermedios y finales, garantizando que fuesen relevantes,

legítimos y creíbles, y que puedan ser considerados para la toma de decisiones a diferentes niveles y ámbitos.

El Comité Técnico propuso al Comité Nacional quiénes eran las partes interesadas, las formas en que podían ser involucradas, según funciones y responsabilidades, lo cual fue importante para lograr la participación activa y compartir intereses. El Comité Técnico tuvo la responsabilidad de: poner a disposición de las partes interesadas los objetivos de la evaluación; presentar y compartir de forma activa la metodología a aplicar según objetivos del TNA, haciendo ajustes según las características y capacidades disponibles; analizar las preguntas clave a responder; evaluar la disponibilidad de información a nivel nacional e internacional, incluyendo los resultados de proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en Cuba; interconectar actores en redes para compartir juicios y opiniones como vía de dar seguimiento también y valorar los resultados en cada paso señalado por la metodología. Fue igualmente elaborado y compartido el plan de trabajo que permitiera según el cronograma, cumplir con la entrega de los diferentes productos intermedios y finales acordados.

Los talleres convocados tanto por la coordinación general del TNA, como por los grupos para la adaptación permitieron ya no sólo la identificación y selección de los sectores, subsectores y las tecnologías, sino también, incorporar métodos y formas que facilitarían la priorización.

## **2.2 Actores: análisis general.**

En este proceso se involucraron muchos actores claves, fue un proceso participativo donde se creó una determinada capacidad para captar cambios, gestionar conocimientos y desarrollar criterios compartidos, lo que conllevó a una forma de actuación más coherente de los actores involucrados, a la mejora paulatina de los análisis, con mayor claridad del problema abordado y una orientación mucho más explícita de las políticas y las tecnologías en su vínculo con el medio ambiente y el desarrollo sostenible.

Este proceso de involucramiento de actores se desarrolló a través de:

1. Talleres: de lanzamiento del proyecto, de carácter integrador, por los grupos de adaptación y por sectores.
2. Revisión y análisis por parte del equipo técnico: de documentos, informes, resultados de estudios, proyectos y evaluaciones relacionados con la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático y con las prioridades para el desarrollo en Cuba.
3. Consultas: con expertos y profesionales en sesiones de trabajo y a través de la red.
4. Revisión de los productos: intermedios y finales por expertos seleccionados.

Finalmente, para la presentación de los resultados expuestos por el Comité Técnico, fueron invitados miembros del Comité Nacional y otros directivos de los sectores representados.

### **2.2.1 Talleres.**

El Taller de lanzamiento del proyecto (06/05/2011) se realizó de forma temprana y con una participación que contó con 13 expertos y tomadores de decisiones de: la Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación (DCTI), Dirección de Medio Ambiente (DMA), Dirección de Colaboración Internacional (DCI), AMA, Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada (AENTA), INSMET, CUBAENERGIA todos pertenecientes al CITMA, InSTEC-MES, CETRA-MITRANS, MINAG y el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). En

el taller, se expuso de forma clara los objetivos del proyecto, los múltiples beneficios que puede aportar la vinculación de todos ellos al proyecto, en correspondencia con sus roles y aportes a las prioridades establecidas en el país. Esto conllevó a la constitución del equipo técnico y de los grupos multi y transdisciplinarios, con participación activa de los tomadores de decisiones.

Otro taller de carácter integrador fue el que coincidió con el IX Seminario Nacional de Energía en apoyo a la toma de decisiones (IX SENA E) (28-30/06/2011), el cual involucró un número elevado de partes interesadas. Participaron 80 delegados entre directivos, investigadores, especialistas, académicos, ONGs y funcionarios del PNUD en La Habana, de 43 instituciones de: Asamblea Nacional del Poder Popular (ANPP), Grupo Empresarial del Azúcar (AZCUBA), INRH, MINBAS, MITRANS, MINAG, MES, MINAL, MINSAP (Ministerio de Salud Pública), MINIL, Ministerio de la Construcción (MICON S), MINCEX, la Oficina del Historiador de la Ciudad y el CITMA.

Dada la experiencia positiva de los resultados de éste, se volvió a convocar en el marco del X SENA E (Seminario Nacional de Energía en apoyo a la toma de decisiones), a otro taller nacional, realizado del 26 al 28 de junio del 2012 al que asistieron 72 participantes de 38 instituciones del país, de ocho ministerios y una ONG. En el mismo se debatieron 19 temas, tales como: la política de transferencia de tecnología del país, resultados preliminares de la selección de criterios para la priorización de sectores, subsectores y se aplicó una encuesta para enriquecer los criterios de priorización de las tecnologías. Se dedicó una sesión al tema de seguridad alimentaria.

Entre los aspectos más debatidos en el área de adaptación fueron los siguientes:

- Oportunidades para apoyar las estrategias de enfrentamiento al cambio climático y fenómenos extremos en sectores aislados.
- Resultados de la 1ra y la 2da Comunicación Nacional a CMNUCC.
- Resultados recientes en el uso racional de la energía en la agricultura.
- Adaptación en comunidades rurales y costeras.
- Problemas prioritarios para la agricultura acorde a las estrategias de desarrollo y las de adaptación al cambio climático.
- Sistemas eficientes de riego y drenaje para cultivos varios, granos y arroz.
- Problemas y soluciones para eliminar los residuos (sólidos - líquidos) que contaminan las aguas en el país.

El primer taller para el área de adaptación, fue organizado por el equipo técnico de la TNA, tuvo como objetivo general, la identificación de prioridades de desarrollo teniendo en cuenta un clima cambiante y con ellos establecer los sectores a priorizar. Es por esto, que en éste taller se mostraron las siguientes presentaciones de carácter introductorio, científico y metodológico:

- Prioridades establecidas en los Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución.
- Resultados de investigaciones y de la 2da Comunicación Nacional CMNUCC de las repercusiones a corto y largo plazo del cambio climático.

- Resultados precedentes de dos grupos de trabajo: grupo de transferencia de tecnología para el cambio climático dentro de la 2da Comunicación Nacional CMNUCC que coordinó el InSTEC y el grupo de vulnerabilidad y riesgo que coordina la AMA.
- Conceptos clave como por ejemplo: Adaptación al cambio climático, desarrollo sostenible, tecnología y transferencia de tecnología.
- Metodología a aplicar para la priorización de sectores y subsectores.
- Herramientas de ponderación para la priorización.

Este taller constituyó en primera instancia un espacio para valorar el nivel de dominio y entendimiento del tema de adaptación, de las prioridades establecidas en el país. Se adoptaron los criterios a través de los cuales se priorizarían sectores clave, partiendo de una amplia lista, la cual fue concertada y depurada. Se llega a priorizar los sectores Agricultura, Recursos Hídricos y Zonas Costeras. También como resultado de este taller, se crean los grupos para estos sectores, siempre incorporando actores que garanticen las transversalidad de los análisis.

Con estos resultados, se desarrollan varios talleres por los sectores Agricultura, Recursos Hídricos y Zonas Costeras, en los cuales se identificaron y priorizaron los subsectores y las tecnologías, a partir de toda la información disponible y aportada en el proceso. Se logró presentar finalmente una caracterización preliminar de las tecnologías en el contexto de cada sector, sus interrelaciones con el entorno y con otras tecnologías. Se puede agregar también, que las partes interesadas mostraron conocimientos generales sobre las principales barreras y propusieron algunas acciones y medidas que serían necesarias implementar para la remoción de algunas de éstas.

Además de lo anterior, se efectuaron sesiones de intercambios con especialistas de los centros de investigaciones de la rama agrícola, expertos técnicos de los grupos empresariales de la agricultura y específicos con el sector arrocero y agropecuario, así como especialistas del sector hídrico, con aquellos que pertenecen al grupo nacional de evaluación de riesgos que ejecuta los estudios de peligros, vulnerabilidades y riesgos en todo el territorio nacional, con particular interés en las zonas costeras.

El equipo técnico y los consultores en todo momento actuaron con la intencionalidad de encontrar que las tecnologías seleccionadas respondieran a estrategias de adaptación, y no a sobrellevar la situación actual, o sea, que constituyeran respuestas proactivas y que permitieran desarrollar capacidades futuras.

### **2.3 Revisión y análisis por parte del equipo técnico de documentos, informes, resultados de estudios, proyectos y evaluaciones.**

Un paso clave para el desarrollo exitoso de la TNA, es la revisión y análisis de la información y resultados disponibles que permitan cumplir con el objetivo de esta evaluación. En este sentido, a partir del conocimiento de los principales actores involucrados, se hizo un levantamiento de aquellos informes y documentos que reflejan las políticas, estrategias, prioridades, resultados de investigaciones y evaluaciones que debían ser tenidos en cuenta en el proceso. Esta revisión fue planificada como una tarea inicial, y fue retomada de forma sistemática para cada taller y cada decisión.

Se le asignaron tareas concretas a miembros de los grupos de trabajo, que a la vez por sus conocimientos y participación en otros escenarios como: 2da Comunicación Nacional, los

estudios de peligros, vulnerabilidades y riesgos en todo el territorio nacional, la formulación de estrategias de ciencia e innovación, podían integrar y sintetizar la información. También se incluyó la búsqueda de vacíos de información y posibles solapamientos.

De hecho, fue corroborado, que con anterioridad no se habían ejecutado proyectos con el mismo alcance que la ENT. No obstante, fueron considerados algunos estudios e informes, los que reflejaban propuestas y acciones de importancia para llegar a las tecnologías priorizadas. Por ejemplo:

- En la 1ra Comunicación Nacional se presentaron de forma general, opciones de tecnología para la adaptación en los sectores agricultura, recursos hídricos y zonas costeras.
- En los estudios recientes para la 2da Comunicación Nacional (en revisión por las autoridades nacionales competentes) se hizo una evaluación preliminar de la capacidad nacional para la transferencia de tecnologías en los sectores recursos hídricos, agricultura, forestal y energético, así como todo lo relacionado con ordenamiento territorial en las zonas costeras proclives a inundaciones.
- En la reciente evaluación ambiental integral (EAI) realizada por la metodología GEO, se inducen como parte de las respuestas, tecnologías, metodologías y sistemas, que pudieran transferirse, difundirse y aplicarse, en función de la adaptación al cambio climático en su interconexión con el desarrollo sostenible.

El equipo técnico de la TNA puso en red toda la información y documentos que se fueron captando, así como los productos intermedios y finales, siendo resultados de este proceso.

### **3. Selección de Sectores y Subsectores.**

#### **3.1 Prioridades de Desarrollo y Vulnerabilidades.**

Para la selección de los sectores y subsectores se partió entonces, de las prioridades establecidas en los Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución, documento que constituye la plataforma para proyectar el trabajo y organizar las acciones de todos los sectores, organismos, instituciones, organizaciones y de la sociedad civil mirando el desarrollo sostenible.

Se consideró asimismo, que las posibles respuestas de adaptación (tecnologías) deben necesariamente poderse insertar coherentemente en los planes de desarrollo a corto y largo plazo. Implica esto, no sólo sobrellevar una situación a corto plazo, es proyectarse para fortalecer la capacidad humana de responder a amenazas futuras. Así, en el análisis de las prioridades para el desarrollo se respondió en los grupos de trabajo a dos preguntas, las cuales de una forma u otra están interconectadas:

- ¿En qué medida y cómo pudiera repercutir en las prioridades de desarrollo los efectos a corto y largo plazo del cambio climático?
- ¿Cómo podrían cambiar estas prioridades de desarrollo a largo plazo, si se consideran los avances de la ciencia y la tecnología, los posibles procesos demográficos, los cambios económico y de mercado, teniendo en cuenta los efectos a largo plazo del cambio climático?

A continuación y de forma resumida se exponen las principales variaciones y cambios del clima y los escenarios futuros, los principales impactos del cambio climático, todo refrendado en los documentos de la 1ra y 2da Comunicación Nacional para el Cambio Climático (CNCC), así como en el informe GEO. A partir de lo cual se revisaron las prioridades establecidas, y se agruparon éstas en las categorías de prioridades de desarrollo económico, social y ambiental.

El archipiélago cubano ([Figura 10](#)) está situado a la entrada del Golfo de México entre la América del Norte y la América del Sur. Constituye la porción más occidental del Arco Insular Antillano donde se encuentra la Isla de Cuba, la mayor de las Antillas (105 007 km<sup>2</sup>), la Isla de la Juventud (2200 km<sup>2</sup>) y más de 4000 pequeñas islas y cayos, agrupados en cuatro sub-archipiélagos: Los Colorados, Sabana-Camagüey, Jardines de La Reina y Los Canarreos.



Figura 10. Ubicación geográfica del archipiélago cubano.

Las costas de la Isla de Cuba poseen numerosos entrantes y salientes con numerosos accidentes (bahías, golfos, ensenadas). También tienen diferentes características por tramos, clasificándose como: arenosas, pedregosas y pantanosas; estas las hacen en mayor o menor medida susceptibles a las inundaciones. La longitud de la costa norte es de 3 209 km y la de la costa sur 2537 km. El relieve del país está caracterizado por un 40% del territorio formado por montañas y alturas y un 60% de llanuras [15].

En Cuba se han observado variaciones climáticas importantes, las cuales de forma resumida se muestran en la figura 11. Estas se explican a continuación y como se indica las mismas están asociadas a señales de diferentes frecuencias, magnitudes y orígenes.



Figura 11. Variaciones y cambios del clima observados en Cuba.

Las evidencias señalan claramente que el clima en el país se ha hecho más cálido. Desde mediados del siglo pasado la temperatura media anual ha aumentado cerca de 0,6 °C. El incremento observado es debido, fundamentalmente, a una tendencia muy marcada de las temperaturas mínimas, que han sufrido un ascenso de alrededor de 1,4 °C en sus valores medios mensuales. Las tendencias en las temperaturas máximas no son significativas por lo que,

consecuentemente, se ha registrado una disminución de la oscilación térmica media diaria de casi 2,0 °C. En términos generales, en el país se está produciendo una expansión del verano y una contracción de la duración del invierno.

Otro elemento del clima de Cuba donde se refleja la ocurrencia de variaciones significativas en su comportamiento, es el régimen pluviométrico. Aunque las precipitaciones no han mostrado variaciones significativas para largos períodos de registros, en las últimas décadas se observó un incremento de los acumulados del período poco lluvioso (noviembre-abril) y un cierto decrecimiento en los acumulados del período lluvioso (mayo-octubre). Adicionalmente, la frecuencia de sequías se ha incrementado significativamente desde 1960, por ejemplo, en el período 1961-1990, los eventos de sequía registraron un significativo incremento de su frecuencia respecto al período 1931-1960. La periodicidad y extensión de dichos procesos se han acentuado especialmente hacia las provincias más orientales, donde se han registrado déficits significativos en los acumulados de lluvia desde la década del 90.

Por otra parte, en relación con eventos extremos, tales como, tornados y granizos, así como con las lluvias intensas y las sequías antes mencionadas, el clima del archipiélago parece más extremo durante las tres últimas décadas. Los eventos de lluvias intensas de la década de los años 80 fueron los mayores reportados en el siglo XX, aunque una actualización realizada posteriormente indica una disminución de la actividad de tormentas locales severas desde la década de los 90.

La serie de los huracanes que han afectado al país a lo largo de más de dos siglos, refleja una gran variabilidad interanual y multianual. Períodos de mucha y poca actividad se suceden a través del tiempo. Los trabajos más recientes indican que tanto el número como la intensidad de los huracanes originados en el Caribe, y que alcanzaron esa categoría en dicha área, continúa incrementándose. Entre 1971 y 1995 se produjo una etapa de poca actividad ciclónica sobre Cuba. Aunque a partir de 1996 se inició un nuevo período de gran actividad, en asociación con el abrupto calentamiento de las aguas del Atlántico y del Mar Caribe. Esto último se corresponde a su vez, con el incremento observado en el número de huracanes originados en el Mar Caribe y en la cantidad que penetran en esta región con origen en el Atlántico tropical. Entre 2001 y 2008 el país estuvo afectado por nueve huracanes. Sin embargo, no se ha detectado la existencia de tendencias crecientes y significativas a largo plazo en la actividad de huracanes sobre Cuba, teniendo en cuenta una serie muy larga comprendida entre 1791 y 2008. Una de las variaciones más peligrosas observadas en los años recientes ha sido la ocurrencia de siete huracanes intensos entre 2001-2008, cifra que no se había registrado en década alguna desde 1791 hasta el presente. Tal variación guarda similitud con las proyecciones del clima futuro en lo referente a que los huracanes pudieran ser más intensos, siguiendo el aumento de la temperatura del mar.

En cuanto a las inundaciones costeras, se pudo observar una tendencia creciente de dichos eventos desde principios del siglo pasado, aunque acompañada de marcadas variaciones multianuales. Tal tendencia se hace más evidente cuando se consideran sólo las inundaciones asociadas a sistemas extratropicales, pero las asociadas a huracanes también presentan un ligero incremento. La ocurrencia de inundaciones costeras significativas por sistemas frontales, se alternan con las generadas por huracanes, que suelen ser menos frecuentes pero más intensas, o sea, en unos períodos las inundaciones dependen más de los ciclones tropicales y entonces son menos frecuentes, pero de mayor intensidad, mientras que en otros la dependencia del comportamiento de sistemas extratropicales es mayor y por tanto las inundaciones son menos intensas pero más frecuentes.

En el caso del nivel del mar es posible indicar que, a partir de los registros de las estaciones mareográficas existentes en Cuba, hasta el año 2005 el nivel medio del mar se ha incrementado aunque no de forma homogénea, entre 0,120 y 8,56 cm.

Las condiciones climáticas reflejadas por los escenarios climáticos futuros para Cuba, tendrán repercusiones notables en algunos sectores de la economía y la sociedad. Recursos naturales de gran importancia económica y social, incrementarían su vulnerabilidad ante la afectación de eventos meteorológicos extremos.

De acuerdo a las investigaciones realizadas, los escenarios climáticos para Cuba indican que la temperatura media anual del aire pudiera verse incrementada entre 1,6°C y 2,5°C para el 2100. También, para el período 2071-2099, los modelos muestran un calentamiento sustancial en todo el territorio.

En cuanto a la precipitación existen más incertidumbres, pues algunas estimaciones indican reducciones, mientras que otras expresan aumentos. Es válido decir que para el período lluvioso, el nivel de coincidencia de los modelos es mayor sobre casi todo el país, indicando una mayor (aunque no total) tendencia a la reducción de las precipitaciones (del orden de 10% a 30%). A propósito de lo último, se estima que aunque las lluvias aumenten, puede ocurrir una intensificación y expansión de los procesos de aridez y sequía, debido al notable incremento de la temperatura, al consecuente aumento de los procesos de evaporación y la disminución de la humedad relativa del aire. Este proceso de aridización estará acompañado de una reducción paulatina de la productividad primaria neta y de la densidad potencial de biomasa de los ecosistemas, aún en presencia del efecto de fertilización por dióxido de carbono. Es por ello que la evolución prevista del clima de Cuba, ocasionará una reducción progresiva de los rendimientos agrícolas potenciales de riego y secano, disminuyendo simultáneamente el potencial productivo de los suelos, el potencial hídrico y la disponibilidad de agua para el regadío.

Los estudios también apuntan que la precipitación promedio anual a escala de país, podría descender hasta 1232 mm para el período 2021–2050 y hasta 1093 mm para el período 2071–2100. La combinación de la posible reducción de las precipitaciones (principalmente durante el período lluvioso), y el intenso calentamiento en el futuro, provocará una reducción de los recursos hídricos de un 26% para el 2050 y hasta de un 56% para el 2100. Es válido destacar que esto último representa un serio problema, ya que en nuestro país, las precipitaciones constituyen la principal fuente renovable de agua.

El hecho que Cuba sea un archipiélago, hace que los impactos asociados con el ascenso del nivel del mar sean algunos de los más importantes. Precisamente, durante los últimos cinco años, se han realizado estudios de los impactos en la zona costera por la elevación del nivel medio del mar, específicamente dentro del macro-proyecto: “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana, para los años 2050 y 2100” [6]. Sus resultados alertan incrementos de dicha elevación en el orden de 8 a 44 cm para el 2050 y de 20 a 95 cm para el 2100, lo cual traerá grandes implicaciones geográficas, demográficas y económicas, produciéndose por ejemplo, un desplazamiento de la línea de costa en aquellas zonas muy bajas. Otro aspecto negativo, sería aquel relacionado con el desplazamiento de la zona salinizada, pues ésta actualmente alcanza la superficie de los acuíferos, pero en el futuro mencionado, penetraría tierra adentro, pudiendo llegar a la ubicación de diferentes pozos. Lo anterior implicaría una reducción significativa de la

entrega de agua subterránea y, en acuíferos costeros poco potentes, podría representar incluso el cese del bombeo por la salinización definitiva de sus reservas.

Por todo lo anterior se proyecta, para el sector hídrico, un incremento de la demanda de agua por las actividades humanas y los ecosistemas naturales, modificaciones en la dinámica de la relación hidráulica de los acuíferos costeros con el mar, provocando un deterioro de la calidad del agua en los embalses y un déficit en los sistemas de abastecimiento; reducción de las capacidades naturales de autodepuración de los cuerpos de agua, esto último debido a la escasez del recurso que modificaría el régimen de flujos en las corrientes superficiales y subterráneas, afectaciones a las estructuras hidráulicas y riesgos hidrológicos al ser las obras de evacuación de los embalses insuficiente en algunos casos, además, afectaciones a las reservas de aguas subterráneas y a su calidad. Todo esto conllevará a una disminución de las condiciones higiénicas-sanitarias y al aumento de los conflictos por el uso del agua.

La evaluación de las principales vulnerabilidades ante el cambio climático en la agricultura, bajo los escenarios explicados anteriormente, se traduce en una menor disponibilidad de agua para cultivos y animales.

En el caso de la papa, uno de los cultivos fundamentales en la seguridad alimentaria del país, ocurrirá una sinergia de impactos negativos ante la demanda creciente de agua de dicho cultivo. En experimentos realizados con variedades genéricas y específicas de papa, utilizando diferentes modelos, el rendimiento potencial de este cultivo decrece en el futuro, alcanzando valores críticos en la segunda mitad del siglo actual.

Todos los escenarios indican que el arroz continuará teniendo rendimientos potenciales que pueden considerarse aceptables, pero la falta de disponibilidad progresiva del agua para regadío conllevaría a la reducción de áreas plantadas consideradas como óptimas en la actualidad. Asimismo, habría que añadir los impactos esperados en pérdida de áreas hoy cultivables en alturas cercanas al nivel del mar, debido a la salinización y degradación de tierras.

El aumento de la temperatura del aire traerá impactos negativos en todas las categorías de la porcicultura (semental, reproductora, cría, pre-ceba y ceba), acarreando una disminución de la población porcina y de la producción de carne.

De mantenerse el estado actual de la dinámica costera y la degradación de los hábitats naturales, teniendo en cuenta el incremento esperado del nivel del mar y que los ciclones tropicales serán más intensos (con vientos máximos y precipitaciones más intensas), los impactos futuros relacionados con la diversidad biológica, se asocian a la transformación, reducción y desaparición de algunas especies, también a las transformaciones y fragmentaciones de diferentes hábitats, por ejemplo, las zonas de biogeografías del oriente cubano sufrirán afectaciones en su endemismo. Se prevé además una disminución del potencial reproductivo de los arrecifes. También se consideran muy vulnerables los anfibios, moluscos, reptiles terrestres y costeros y las aves acuáticas de zonas costeras.

En adición a lo anterior, como consecuencia del incremento del nivel del mar, es posible que los ecosistemas de humedales cubanos se vean afectados en alguna medida, pudiendo desaparecer, con mayor énfasis en los ecosistemas de manglar, las comunidades herbáceas y los arrecifes coralinos. Se estima que en el año 2050 podría quedar sumergido de forma permanente un 2,32% del territorio nacional.

Los bosques naturales del país sufrirán diferentes impactos, como son: cambio y pérdida de especies por adaptación a la aridez y la salinidad, alteraciones ecológicas por el aumento de intensidad de los huracanes, elevado riesgo de incendios forestales, alteraciones fenológicas y pérdidas de biodiversidad por aumento de la temperatura y aumento de la producción comercial de la madera.

Son disímiles los efectos que sobre los asentamientos humanos traerá el cambio climático. La superficie de asentamientos costeros cubiertos por ascenso del nivel medio del mar en el 2100 es de 37,21 km<sup>2</sup>, cifra aparentemente poco significativa si no se tiene en cuenta que de los 169 asentamientos costeros se verán afectados 122 por ascenso del nivel medio del mar, y según las estimaciones de ascenso, 15 desaparecerán en el 2050 y otros siete en el 2100, mientras que en los 100 restantes habrá afectaciones parciales. La población que será perjudicada alcanza la cifra de 36 071 habitantes, siendo 12 866 el número de viviendas a sustituir en el año 2100; también hay que considerar que un conjunto de servicios e infraestructuras técnicas actuales quedarán bajo las aguas marinas. En cuanto a los municipios del país se reporta, que el mayor impacto tendrá lugar en 96 municipios del espacio agrario, seguido por las afectaciones en 30 municipios del espacio de montaña y luego en 29 municipios del espacio urbano. En el caso de los urbanos, que son los menos afectados en cuanto a cantidad, es el de mayor complejidad y exigencia, porque aglutina más del 60% de la población del país.

En cuanto a la salud humana, también existirán repercusiones adversas, por ejemplo, habrá un incremento del riesgo de las infecciones respiratorias agudas (IRA) en edades extremas, también de diferentes virus. Adicionalmente a esto último, las tendencias al incremento de las temperaturas y las variaciones en las precipitaciones, propiciarán condiciones óptimas para el desarrollo de vectores, en particular el *Aedes-aegypti*. Habrá una mayor incidencia en la varicela, la hepatitis viral, las enfermedades diarreicas agudas (EDA) y de la meningitis viral. A largo plazo se prevé que las condiciones climáticas favorezcan el ciclo evolutivo del vector de la malaria, por lo que es probable introducción y brotes de ésta en el país por incremento de reservorio potencial.

Con este perfil de vulnerabilidad se agruparon las prioridades para el desarrollo en: ambientales, económicas y sociales, desde una perspectiva a corto y largo plazo.

**Ambientales:**

- Reducir la degradación del suelo.
- Reducir la contaminación en zonas costeras.
- Reducir la fragmentación o pérdida de hábitats/ecosistemas.
- Reducir la intrusión salina en cuencas hidrográficas.

**Económicas:**

- Aumentar la disponibilidad y calidad del agua y su uso racional.
- Aumentar la producción y diversificación de alimentos.
- Impulsar el desarrollo sostenible del turismo.

**Sociales:**

- Disminuir la exposición de la población rural y de zonas costeras a fenómenos hidrometeorológicos extremos.
- Impulsar el desarrollo local.
- Disminuir las enfermedades relacionadas con la calidad del agua.

### **3.2 Selección de Sectores.**

A partir de la descripción anterior, se construyó para la priorización de los sectores una lista larga: Agricultura, Recursos Hídricos, Zonas Montañosas, Biodiversidad, Salud Pública, Energía, Infraestructura y Zonas Costeras, respetando los criterios emitidos por los participantes en los talleres, y analizadas las prioridades para el desarrollo del país y el perfil de vulnerabilidades antes descrito.

Según las opiniones consultadas a los expertos se concluyó que cada uno de estos sectores antes mencionados resultó ser de importancia e interés marcado para las políticas de desarrollo del país. No obstante, se retomaron los lineamientos de la política económica y social, y en especial los que señalan:

- Desarrollar una agricultura sostenible en armonía con el medio ambiente, que propicie el uso eficiente de los recursos; continuar reduciendo las tierras improductivas y aumentar los rendimientos mediante la diversificación, la rotación y el policultivo.
- Asegurar el cumplimiento de los programas de producción de arroz, frijol, maíz, soya y otros granos que garanticen el incremento productivo, para contribuir a la reducción gradual de las importaciones de estos productos.
- Desarrollar un programa integral de mantenimiento, conservación y fomento de plantaciones forestales que priorice la protección de las cuencas hidrográficas; en particular, las presas, las franjas hidrorreguladoras, las montañas y las costas.
- Reorganizar las actividades de riego, drenaje y los servicios de maquinaria agrícola para lograr un uso racional del agua, la infraestructura hidráulica y los equipos agrícolas disponibles.
- Continuar desarrollando el programa hidráulico con inversiones de largo alcance para enfrentar eficazmente los problemas de la sequía y del uso racional del agua en todo el país, elevando la proporción del área agrícola bajo riego.
- Priorizar y ampliar el programa de rehabilitación de redes, acueductos y alcantarillados hasta la vivienda, con el objetivo de elevar la calidad del agua, disminuir las pérdidas, incrementar su reciclaje y reducir consecuentemente el consumo energético.

Con todos estos fundamentos se pasó a la selección de los sectores y sub-sectores.

Se empleó un sistema de acumulación de puntos similar al empleado por la metodología TNA, donde a cada sector se le brinda una puntuación (1, 3, 5, 7 o 9) de acuerdo al nivel de importancia que tenga según el criterio a analizar ([Tabla 1](#)). La importancia de un criterio emitido es mayor en la medida que el puntaje otorgado lo sea. La categoría “Absolutamente Importante” correspondiente al puntaje de nueve puntos, este se otorga para los casos en que no hay lugar a dudas sobre la importancia del criterio. La categoría “igualmente importante” tiene su significación de un peso mínimo del criterio de selección. Al finalizar, se suman los puntos obtenidos por criterios y aquel sector que posea la mayor puntuación será el priorizado.

Tabla 1. Puntuación para los niveles de importancia.

Puntuación	Categorías
1	Igualmente importante
3	Ligeramente más importante
5	Notablemente más importante
7	Demostablemente más importante
9	Absolutamente importante

Fue necesario entonces, seleccionar los criterios de forma participativa a través de los cuales se priorizarán los sectores analizados. Resultando los siguientes:

- Representación en el Programa integral cubano de enfrentamiento al cambio climático: De acuerdo a este documento nacional será priorizado aquel sector que más se halle representado en dicho documento. Por lo que recibirá una mayor puntuación.
- Importancia económica: Alcanzará la mayor puntuación aquel sector que más tribute a la economía nacional, no solo desde una perspectiva de aporte de capital, sino además como una de ahorro del mismo, combinando el corto y largo plazo. Fue considerado en qué medida su importancia está expresado en los lineamientos de la política económica y social del país.
- Relevancia social: Aquel sector de mayor transversalidad y que influye de forma determinante en el bienestar humano, alcanzará la mayor puntuación.
- Aporte ambiental: Recibirá mayor puntuación aquel sector en el cual los posibles cambios tecnológicos en el mismo, contribuirán fuertemente a disminuir las vulnerabilidades y a cumplir con las prioridades dadas en la Estrategia Ambiental Nacional.
- Resultados evaluaciones sectoriales: El sector que mayor número de resultados científica y técnicamente demostrable haya realizado en sus evaluaciones recibirá mayor puntuación.
- Barreras sectoriales: En el caso de este criterio se interpretó de la siguiente manera; aquel sector que sea de mayor interés para el país vencer sus barreras de acuerdo a la importancia que represente dicho sector para la política de desarrollo nacional será el que reciba una mayor puntuación.
- Capacidad de asimilación e instrumentación: De acuerdo a las opiniones de los expertos se decidió, en este criterio, combinar las potencialidades de un sector para asimilar conocimientos de acuerdo a sus capacidades profesionales, con la capacidad de dicho sector de implementación e instalación de determinada tecnología. En este caso recibirá mayor puntuación aquel sector que como resultado de esta combinación tenga la mayor capacidad.

En la [figura 12](#), se muestra el gráfico que refleja la aplicación del método descrito para la selección de los sectores. La longitud de las barras representa el desempeño del sector atendiendo a los puntajes definidos para los criterios que se evaluaron. A partir de este análisis se seleccionaron los sectores Agricultura, Recursos Hídricos y Zonas Costeras.

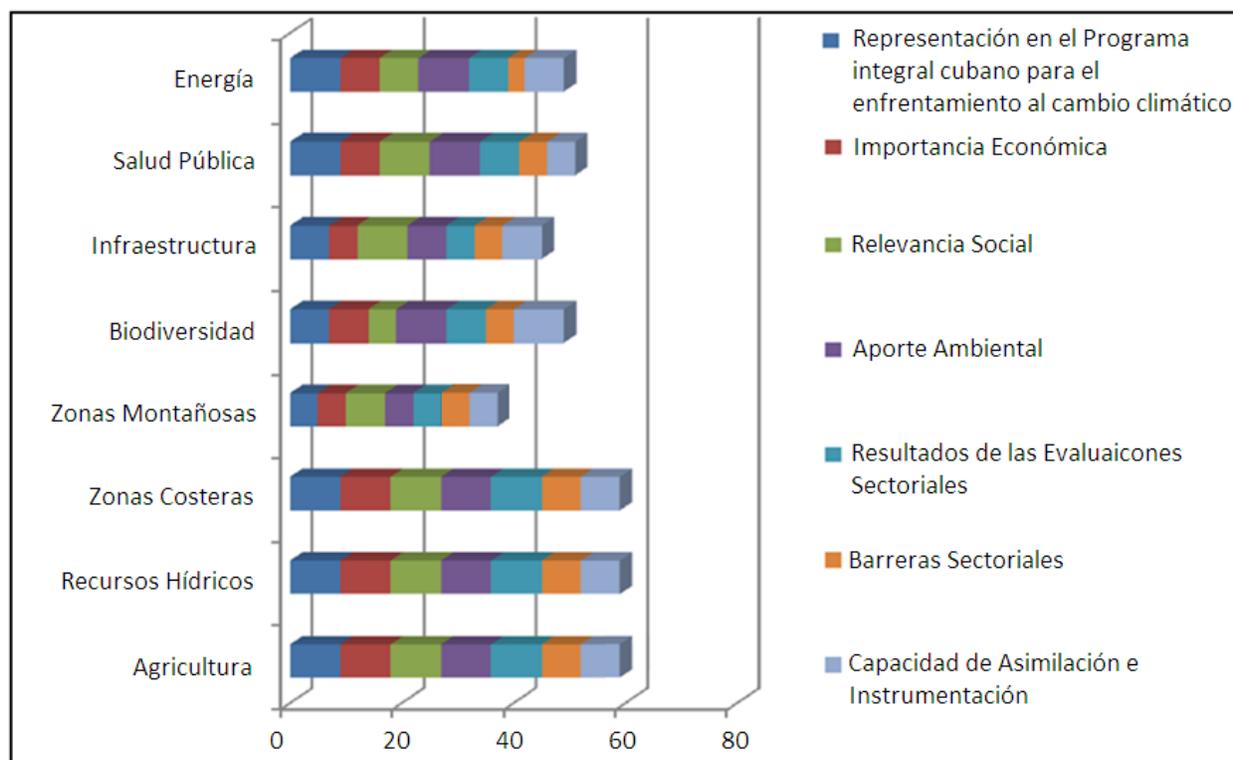


Figura 12. Gráfico de selección de sectores.

### 3.3 Descripción de los sectores seleccionados.

#### 3.3.1 Sector Agricultura.

Este sector reviste una importancia estratégica en el objetivo de reducir la vulnerabilidad alimentaria en el país. En la actualidad los rendimientos agrícolas en algunos de los cultivos más importantes, están por debajo de los niveles alcanzados por la mayoría de los países de la región.

Al cierre del 2008, de una superficie de tierra firme de 10 676 000 ha. (exceptuando los cayos), Cuba dedicaba a las actividades agropecuarias 6 619 500 ha. (60,2% de la superficie total).

Los eventos agro-meteorológicos han incrementado su extensión superficial en las zonas cultivables. También se evidencian variaciones en la manifestación de nuevas enfermedades, como es el caso de la incidencia de especies de *Phytophthora* en la papa desde 1993, y un aumento de patologías relacionadas con hongos del suelo, fundamentalmente en el occidente del país, algo que anteriormente era característico de la región central y oriental.

La primera aproximación a la valoración de los posibles impactos del cambio climático sobre el sector agricultura, realizada en el marco de la 1ra Comunicación Nacional, se asocia a los rendimientos agrícolas y la producción total de los cultivos. En la 2da Comunicación Nacional se evalúan los posibles impactos en cultivos y producciones específicas priorizadas por el

Ministerio de la Agricultura, entre ellos: los cultivos varios, la papa, y el arroz, así como la carne de cerdo, los que juegan un papel determinante en la seguridad alimentaria del país.

Se demuestra en estos estudios que un aumento sostenido de las temperaturas, acompañado de una reducción progresiva de las precipitaciones, conducirán al incremento sistemático de la aridez del clima del país, lo que ocasionará una reducción progresiva de los rendimientos agrícolas potenciales, de riego y de secano, disminuyendo simultáneamente el potencial hídrico y la disponibilidad de agua para el regadío, siendo la agricultura la mayor consumidora de agua en el país entre un 55 y 60%.

Actualmente, existe una disminución progresiva en las producciones y rendimientos potenciales de los cultivos de papa y arroz, acompañada de alteraciones en la duración de los días de sus fases fenológicas y ciclos de cultivo, esto se debe principalmente a las afectaciones existentes en los suelos cubanos, las cuales se reflejan en los índices de acidez, fertilidad, erosión, salinización y agro-productividad.

El arroz es la base alimentaria del mayor porcentaje de la población cubana siendo el consumo per cápita anual de aproximadamente 70 kg. El país tiene una infraestructura con capacidad potencial para producir más de 200,0 Mt de este cultivo. Esto no ha sido posible por limitaciones económicas, razón por la cual más del 60% del consumo total se importa desde países lejanos, con altos costos. Los experimentos de simulación de los rendimientos potenciales del grano, utilizando diferentes modelos, expresan un decrecimiento progresivo de dichos rendimientos en el presente siglo. Los impactos fundamentales del cambio climático en esta producción serán consecuencia de la reducción de la disponibilidad de agua, el aumento de la temperatura del aire y el aumento del nivel medio del mar. A continuación resultados expresados en la 2da Comunicación Nacional:

- La sensibilidad del arroz a las variaciones de temperatura, depende de la etapa en que se encuentre su ciclo de desarrollo: germinación, crecimiento, ahijamiento, fase de reproducción y maduración, cada una de ellas con necesidades específicas de temperatura y agua.
- El arroz que se cultiva utilizando las lluvias como el único aporte de agua (arroz en cultivo de secano), por lo general la cantidad de agua necesaria para el cultivo es mayor que la que puede ser suministrada por las precipitaciones, razón por la cual generalmente debe emplearse los sistemas de riego para complementar el abastecimiento de agua, los que utilizan los embalses vinculados a las empresas arroceras los cuales dependen también de la lluvia.
- En todos los escenarios el arroz continuará teniendo rendimientos potenciales que pueden considerarse aceptables, aunque decrecientes. Si esto se combina con la falta de disponibilidad progresiva del agua para regadío, conllevará a la reducción de áreas plantadas en condiciones hoy consideradas óptimas y las aparentemente modestas reducciones en los rendimientos potenciales del arroz, pudieran tener consecuencias serias para la producción total del grano.
- Dado que gran parte del arroz es también cultivado en Cuba a alturas cercanas al nivel del mar, a este análisis habría que añadir los impactos esperados en pérdida de áreas hoy cultivables, debido a la salinización y degradación de tierras, como consecuencia de la intrusión salina y la elevación progresiva del nivel del mar.

La actividad forestal en Cuba pertenece al Ministerio de la Agricultura, por lo que se enmarca dentro de este sector. Para esta actividad productiva se tuvo en cuenta por un lado, los resultados de la 2da Comunicación Nacional, donde se reflejan los impactos negativos derivados del aumento de la temperatura ambiental, la disminución de las lluvias, el aumento del nivel medio del mar, la ocurrencia de ciclones tropicales y el aumento de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>, y por el otro, su estrategia productiva, la que se caracteriza por interconectar las prioridades para la mitigación y la adaptación. Como resultado considera prioritario para la adaptación, elevar la protección de los sistemas montañosos y costeros, de los bosques naturales y de la diversidad biológica que ellos albergan, a la vez que se mantiene y desarrolla la actividad forestal, por ser ésta la única que a nivel nacional tiene un balance neto de emisiones creciente negativo.

### 3.3.2 Sector Recursos Hídricos.

El potencial hídrico de Cuba asciende a 38 139 km<sup>3</sup> al año, de ellos 31 683 km<sup>3</sup> corresponden al escurrimiento superficial y 6 456 km<sup>3</sup> a las aguas subterráneas. De este potencial son utilizables 23 988 km<sup>3</sup>, lo que representa el 68% correspondiendo a aguas reguladas (120 presas y 900 micro-presas), 6.4% a aguas no reguladas y 25.6% a las aguas subterráneas. Dado que algunas cuencas subterráneas son del tipo abierto al mar, éstas suelen presentar problemas de intrusión salina a los acuíferos.

En total existen 563 cuencas fluviales. La mayoría de las cuencas son pequeñas, sólo 14 superan los 1 000 km<sup>2</sup>. Los acuíferos más importantes, desde el punto de vista de la capacidad de almacenamiento, están distribuidos hacia el occidente y centro de la isla. En el caso del agua subterránea, la recarga depende, casi exclusivamente, de la lluvia que cae en los seis meses del período lluvioso.

Existen aproximadamente 165 unidades hidro-geológicas evaluadas (cuencas, tramos y zonas), en 86 de las cuales se almacena el 77% del volumen total de agua subterránea. De las unidades más importantes, 70 son abiertas al mar, por lo que más del 80% tienen problemas de intrusión salina.

En la actualidad, existen un total de 223 embalses construidos, más de 800 micro-presas, 11 estaciones de bombeo, 800 km de canales magistrales y 1 287 km de diques de protección contra inundaciones. Estas obras dan prioridad a la entrega de agua para el riego y para el abastecimiento de la población.

El volumen de agua aprovechable per cápita anualmente asciende a 1 293 m<sup>3</sup>/habitantes, sin considerar los beneficios que puedan recibirse directamente de la lluvia. Sin embargo, el Índice de Disponibilidad Específica de Agua definido por Shiklomanov (1998), tiene un valor de 1.4, lo que califica la disponibilidad de agua para el desarrollo como muy baja.

Estudios de las últimas décadas, relacionados con el deterioro de la calidad del agua, reflejan que el desplazamiento de la cuña de intrusión marina en los acuíferos en contacto directo con el mar, estiman que el sentido horizontal ha alcanzado valores entre 0.3 y 3 km/año tierra adentro, y para el sentido vertical la zona de mezcla entre el agua dulce y salada, ha ascendido entre 0.5 y 5 metros/año.

El incremento de la temperatura y la reducción de la precipitación en el período lluvioso sobre algunas regiones del país, son coherentes con la disminución de la humedad relativa del aire. Este hecho parece indicar la existencia en el futuro de condiciones más secas que las actuales.

Por tanto, el efecto combinado de dicho calentamiento y la reducción de las precipitaciones, principalmente durante el período lluvioso, provocará una merma de los recursos hídricos. Lo anterior expresado ha sido tomado del informe elaborado por el grupo de trabajo para la transferencia de tecnologías para la 2da Comunicación a la CMNUCC [5].

De forma resumida se muestra en la [tabla 2](#) los principales y más probables impactos identificados y en consecuencia las prioridades para la adaptación.

**Tabla 2. Mayores impactos identificados para el sector hídrico.**

Probables impactos		Prioridades de adaptación
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cambios en los patrones de comportamiento de las precipitaciones. La nueva lámina media anual para todo el Archipiélago bajó de 1 375 mm a 1 335 mm.</li> <li>✓ Modificaciones en la dinámica de la relación hidráulica de los acuíferos costeros con el mar, y por tanto un deterioro de la calidad de las aguas subterráneas y en consecuencia, cambios en las cantidades del recurso.</li> <li>✓ Disminución relativa de los caudales originales y la disminución de sus capacidades naturales de autodepuración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↓ disponibilidad y calidad del recurso</li> <li>↑ conflictos por el uso (nuevos y más agudos)</li> <li>↑ zonas con carencias relativas del recurso</li> <li>↓ condiciones sanitarias</li> <li>↑ cuadro epidemiológico general y específico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar y diversificar la disponibilidad del recurso</li> <li>• Elevar la calidad de las fuentes superficiales y subterráneas.</li> <li>• Ampliar la capacidad y forma de reutilizar las aguas residuales tratadas</li> <li>• Diversificar, ampliar y elevar la eficiencia de las formas y la calidad para satisfacer las demandas locales y en particular de la población</li> <li>• Renovar y elevar la eficiencia de los sistemas tecnológicos y de gestión de mantenimiento de las infraestructuras hidráulicas y disminuir las pérdidas de agua en éstas.</li> </ul>

Por todo lo anterior, las tecnologías priorizadas estuvieron dirigidas a buscar mayores disponibilidades cuantitativas del agua y a disminuir las incidencias en el deterioro de la calidad de este recurso.

### 3.3.3 Sector Zonas Costeras.

En las zonas costeras cubanas existen núcleos poblacionales de gran densidad, con intensa y creciente actividad turística, industrial y marítimo-portuaria, por lo que en las mismas existe una gran competencia entre la gestión económica y el funcionamiento de los ecosistemas. Estas comprenden las llanuras costeras y las aguas sometidas de la plataforma, y pueden ser divididas de forma general en dos tipos:

- a) Zona costera de mar oceánico: que se extiende en tramos donde la plataforma insular es relativamente estrecha, llegando las aguas oceánicas hacia la misma orilla.
- b) Zona costera de mar de plataforma: que se encuentra en áreas con amplia plataforma y por tanto está en contacto con mares poco profundos, que poseen grandes humedales y donde se encuentra la mayor biodiversidad marina.

En ambos tipos de costa es posible diferenciar los siguientes complejos ecológicos, que se extienden desde el litoral y su zona aledaña terrestre, hasta las aguas oceánicas: Litoral-Estuarino, Seibadal-Arrecife Coralino y Aguas Oceánicas. Cada uno de ellos presenta características generales distintivas.

En las costas de mar oceánico se encuentran los mayores puertos y bahías del país. Estos puertos conllevan toda una serie de instalaciones y cuentan con grandes núcleos poblacionales, también se asientan diferentes tipos de industrias que afectan el medio. En estas zonas se encuentran extensas playas de arena, que a su vez poseen diferentes complejos turísticos. Las principales afectaciones ambientales del complejo Litoral-Estuarino están dadas por: la contaminación en la zona costera que afecta la calidad de las aguas y delecossistema en general; degradación de la zona costera, especialmente en las playas, debido a la incorrecta ubicación de construcciones y sembrado de especies no apropiadas; deforestación de especies costeras, por construcciones y tala para diferentes usos; pérdida de la biodiversidad, por pesca deportiva, comercial y furtiva; destrucción de zonas de cría y la caza ilegal de especies amenazadas, en vías o captura restringida.

En cuanto a la zona costera de mar de plataforma, se caracteriza por costas irregulares, predominando costas de mangle o playas. En estas zonas se encuentran los grandes humedales del país, como la Ciénaga de Zapata. Esta zona presenta múltiples usos, como: la explotación comercial de recursos marinos, cultivos de diferentes especies, explotación forestal dirigida al mangle, la industria turística, extracción de hidrocarburos, la explotación minera, asentamientos costeros e industrias de producciones variadas. Algunas de las principales afectaciones ambientales de esta zona están dadas por: la disminución de los bosques de manglares debido a la tala indiscriminada, la contaminación y las afectaciones naturales; la pérdida de la biodiversidad; la degradación de la zona costera y deforestación de especies costeras.

Los posibles impactos del cambio climático a las zonas costeras estarán muy relacionados con el incremento del nivel del mar. Precisamente se espera un retroceso de la línea de costa con pérdidas en el territorio cubano, modificándose paulatinamente las características físico-geográficas, hidrográficas e hidroclimáticas. Las áreas de manglares, por su ubicación en las zonas costeras más bajas, coinciden aproximadamente con las áreas de inundación permanente por ascenso del nivel medio del mar relativo, encontrándose más expuestas a este proceso. De igual manera, debido a su alta vulnerabilidad y en los que contribuye su estado actual, para el año 2050 en cualquiera de los escenarios climáticos futuros se produciría la desaparición de los arrecifes de borde de plataforma.

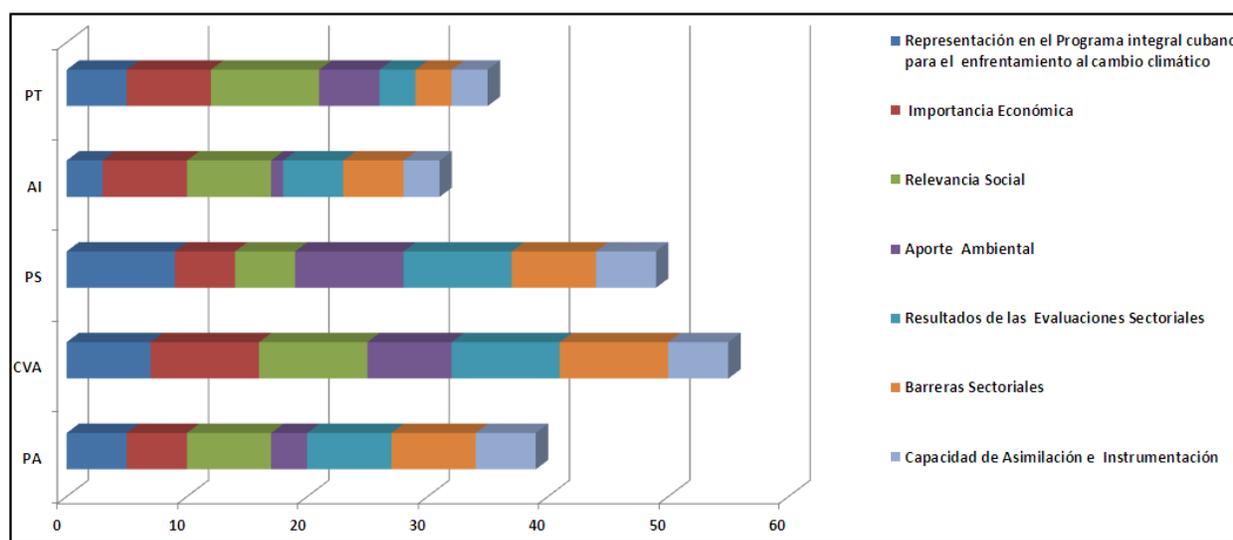
Las condiciones climáticas esperadas para finales del siglo XXI darán lugar a una disminución gradual del escurrimiento fluvial hacia las aguas de la plataforma, con el consecuente aumento de la salinidad de las aguas marinas. Esto puede intensificar las cuñas salinas en los estuarios y el proceso de intrusión salina en los acuíferos costeros y una afectación en la actividad pesquera [6].

### 3.4 Selección de Subsectores.

Todo lo expuesto en los epígrafes 3.3.1 – 3.3.3 constituyó la base para la selección y priorización de los subsectores, empleándose el procedimiento descrito para los sectores.

#### 3.4.1 Selección de subsectores para la Agricultura.

Para el sector agricultura fueron considerados cinco subsectores de acuerdo a las líneas de producción de dicho sector y las necesidades económicas, sociales y ambientales del país: Producción Animal (PA), Cultivos Varios, Granos y Arroz (CVA), Producción Silvícola (PS), Agroindustria (AI) y Prácticas para el uso de tierras (PT). Los resultados alcanzados de la ponderación de subsectores para este sector se muestran en la [figura 13](#).



**Figura 13. Selección de subsectores para la Agricultura.**

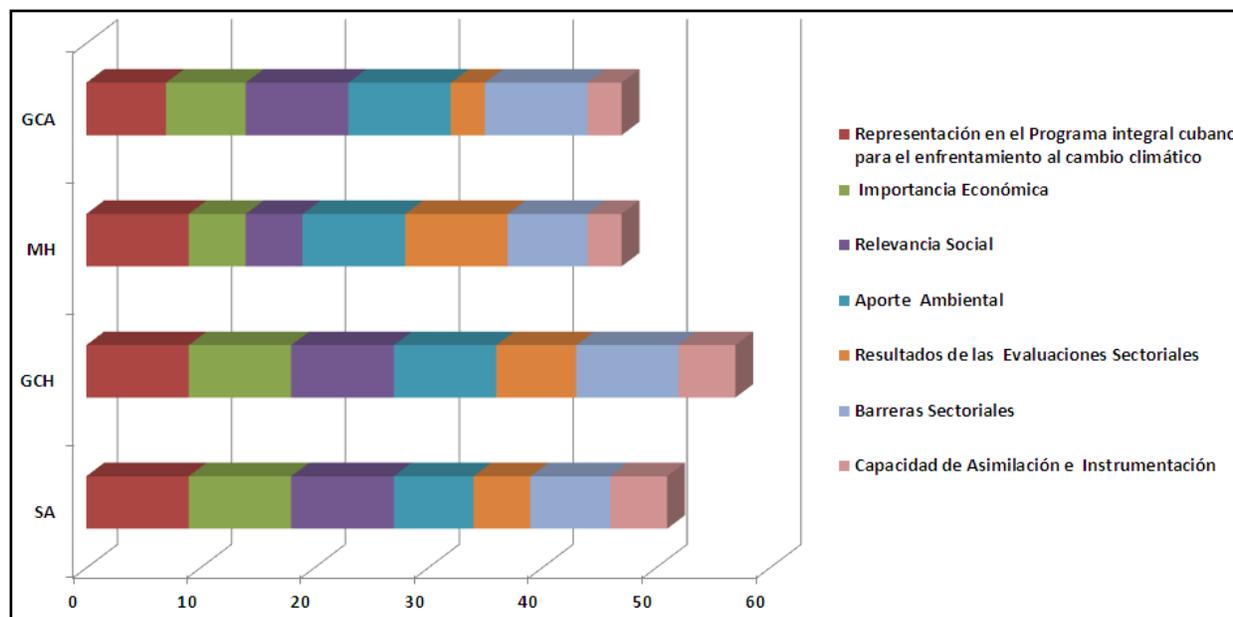
La longitud total de estas barras indica el desempeño general de cada subsector, como se explicó previamente para la selección de los sectores. Se observa entonces que a los subsectores Cultivos Varios, Granos y Arroz, así como el de Producción Silvícola, les corresponde el valor más alto en la escala de puntuaciones. Es de destacar que en el caso de Cultivos Varios, Granos y Arroz para la totalidad de sus indicadores les corresponde la categoría de absolutamente importante.

En este caso hay dos subsectores que tienen un desempeño general muy similar, los cuales son la Producción Animal y las Prácticas y uso de la tierra. Ninguno de los dos están incluidos entre los priorizados, no obstante, si hubiese sido necesario elegir, evidentemente las Prácticas y uso de la tierra sería el seleccionado por su mayor impacto económico y relevancia social.

#### 3.4.2 Selección de subsectores para los Recursos Hídricos.

Para el sector Recursos Hídricos se identificaron los siguientes subsectores: Suministro de Agua (SA), Gestión de Cuencas Hidrográficas (GCH), Manejo de Humedales (MH) y Gestión de la

Calidad del Agua (GCA), todos encargados de mantener y asegurar la disponibilidad, calidad y gestión de los recursos hídricos, que garanticen la transversalidad hacia los demás sectores. Al realizarse el proceso de selección se obtuvo que los subsectores Suministro de Agua y Gestión de Cuencas Hidrográficas resultaran ser los prioritarios ([Figura 14](#)).



**Figura 14. Selección de subsectores para Recursos Hídricos.**

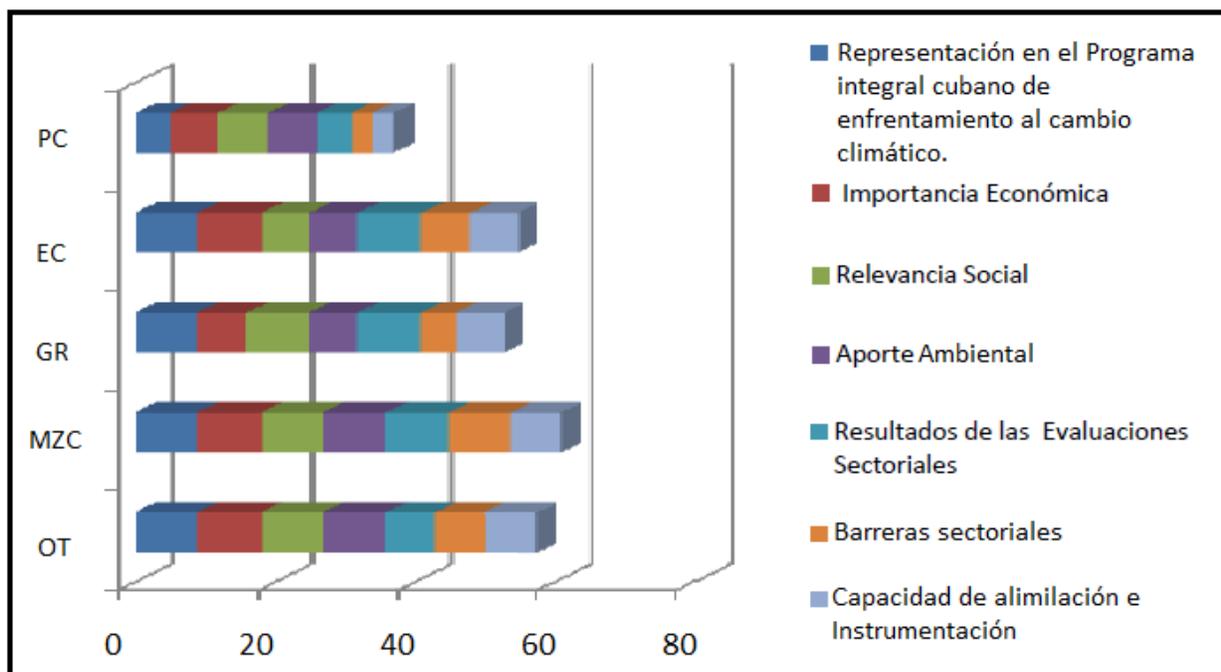
Los expertos participantes en los talleres, así como la bibliografía consultada, refuerzan estos resultados con los siguientes argumentos:

- Reconocer la dependencia directa de la disponibilidad de agua con el comportamiento anual e hiperanual de las precipitaciones, a pesar de la infraestructura hidráulica existente. Hay problemas claves que hoy se manifiestan: Carencia relativa en determinadas zonas vulnerables, deterioro de la calidad del agua dado a las actividades humanas y pérdidas en su conducción.
- Reconocer que los recursos hídricos de las cuencas, constituyen el eje articulador de las políticas de desarrollo económico, social y de protección ambiental del país y estos recursos en interconexión con otros componentes del capital natural constituyen la base para alcanzar el bienestar humano. La seguridad alimentaria, la salud, las necesidades básicas, las relaciones sociales dependen en gran medida de cómo se logre programas de desarrollo sostenibles en la gestión de esas cuencas.
- Tener en cuenta que en Cuba la mayoría de las cuencas hidrográficas son cársticas y abiertas al mar y se caracterizan en lo fundamental por su volumen considerable de reserva, por la poca profundidad de sus acuíferos y por su buena calidad para diferentes usos. Es entonces un hecho, que el manejo de las cuencas sobre bases científicas y tecnológicas, es una prioridad.

### 3.4.3 Selección de subsectores para las Zonas Costeras.

En el caso del sector Zonas Costeras se evaluaron en primera instancia cinco subsectores: Ordenamiento Territorial (OT), Manejo de Zonas Costeras (MZN), Gestión de Riesgos (GR),

Ecosistemas Costeros (EC) y Prevención de la Contaminación (PC). Los resultados de la evaluación realizada por el método aplicado, se presentan en la [figura 15](#).



**Figura 15. Selección de subsectores para las Zonas Costeras.**

Como puede apreciarse, se seleccionaron los subsectores Manejo de Zonas Costeras y seguidamente en orden de importancia, el subsector Ordenamiento Territorial. Se valoró la Gestión de Riesgos como uno de los subsectores de gran importancia en la Zonas Costeras, debido a los peligros naturales, tecnológicos y sanitarios que las amenazan; éste es un subsector de interés para el país, pero se decidió no identificar las tecnologías a implementar en el mismo, ya que cada una de las etapas del ciclo de reducción de desastres (prevención, respuesta y recuperación) complejiza la selección de las mismas.

#### 4. Priorización y selección de Tecnologías.

##### 4.1 Selección de las Tecnologías.

El proceso de selección de las tecnologías se realizó al igual que en el caso de la selección de sectores mediante el desarrollo de talleres en los que participaron expertos de diferentes sectores y en particular de la Agricultura, Recursos Hídricos y Zonas Costeras. En dichos talleres quedó explícito que el objetivo final era seleccionar y luego priorizar tecnologías, las cuales pudieran dar solución simultánea al cambio climático y al desarrollo sostenible. Se reforzó en todo momento, la importancia de conciliar los intereses productivos y científicos con carácter innovador y sostenible.

El proceso conllevó a: la selección de criterios para la priorización de las tecnologías; la ponderación de éstos para cada sub sector; se agruparon según los planteados en el manual TNA; se confeccionó la lista larga de tecnologías y se realizó el análisis mediante una técnica de criterios múltiples para la toma de decisión, ésta en sentido general muy similar a la descrita en el manual TNA, sólo adaptada a las particularidades y necesidades propias.

Retomando los criterios que tiene plasmado la metodología TNA y los criterios propuestos por los grupos de trabajo, se cruzaron para mostrar la correspondencia entre los criterios utilizados en esta evaluación y los propuestos por la metodología TNA. Los criterios establecidos se muestran en la [tabla 3](#).

**Tabla 3. Grupo de criterios utilizados para seleccionar las tecnologías.**

<b>Grupo de Criterios</b>	<b>Desglose de Criterios</b>	<b>Descripción</b>
<b>Contribución de la tecnología a las principales prioridades de desarrollo</b>	<b>Relevancia Social</b>	Aquella tecnología que mayor transversalidad y alcance positivo en relación al bienestar humano, alcanzará la mayor evaluación por puntos.
	<b>Importancia Económica</b>	Alcanzará la mayor puntuación aquella tecnología que más tribute a la economía nacional no solo desde una perspectiva de aporte de capital, sino además de un ahorro del mismo.
	<b>Aporte</b>	Recibirá mayor puntuación aquella

	<b>Ambiental</b>	tecnología que tribute con más fuerza a disminuir los impactos sobre los servicios que brindan los ecosistemas y a hacer efectiva la estrategia ambiental nacional.
<b>Posibilidad técnica de la tecnología y su implementación.</b>	<b>Barreras Tecnológicas</b>	Aquella tecnología que sea de mayor interés para el país vencer las barreras ya identificadas, en correspondencia con su importancia la política de desarrollo nacional, recibirá la mayor puntuación.
	<b>Capacidad de Asimilación e Instrumentación</b>	Se combina las potencialidades del sector para asimilar la tecnología de acuerdo a sus capacidades profesionales con la capacidad de dicho sector de implementación e instalación de esa tecnología. En este caso recibirá mayor puntuación aquella tecnología que como resultado de esta combinación haya la mayor capacidad.
	<b>Disponibilidad de Información e Investigación</b>	La tecnología para la cual se disponga de más información y de resultados de la I+D+i, recibirá mayor puntuación.
<b>Mayor firmeza de adaptación</b>	<b>Resultados de Evaluaciones Sectoriales</b>	La tecnología que haya sido identificada con potencialidades para la adaptación en el sector, como

		resultado de las evaluaciones sectoriales, será valorada como más importante, o sea, mayor puntuación recibirá.
	<b>Reducción grado Exposición y Sensibilidad</b>	La tecnología que logre reducir en mayor grado la exposición y la sensibilidad (impactos potenciales) recibirá una mayor puntuación.
	<b>Aumento de la Capacidad de Resiliencia</b>	La tecnología que contribuya en mayor medida a aumentar la capacidad de adaptación de los sistemas (humanos y ecosistemas) será más priorizada y tendrá mayor puntuación.
<b>Costo de la tecnología</b>	<b>Costo de Inversión</b>	A partir de la estimación de este costo inicial. De mayor importancia la tecnología que menor costo de inversión requiera.

Mediante estos criterios se le otorgó a cada tecnología un valor de importancia que posee una puntuación equivalente utilizando los mismos niveles de importancia que para la selección de sectores ([Tabla 1](#)). Cada uno de estos criterios no tiene el mismo peso al momento de seleccionar las tecnologías ([Figura 16](#)). De esta manera se evita que una tecnología pueda quedar seleccionada debido al aporte por la acumulación de puntos de un criterio que no es representativo para su selección.

Se procede entonces a ponderar los criterios para priorizar las tecnologías por subsectores. Esto consiste en ponderar cada criterio, o sea otorgar a cada criterio un valor (entre cero y uno) en relación al peso de dicho criterio sobre el grupo de tecnologías correspondientes a cada subsector ([Figura 16](#)). Luego, en un paso siguiente se le otorga a cada tecnología un valor determinado (1, 3, 5, 7 o 9) según el contenido de la [tabla 3](#). Este valor se multiplica por el valor de la ponderación otorgado al subsector correspondiente y es entonces el valor final que se toma para la acumulación de puntos.

En total se evaluaron 26 tecnologías para los seis subsectores, correspondiendo a tres sectores establecidos en el estudio. A continuación se analiza por sector y subsector, la priorización de las tecnologías.

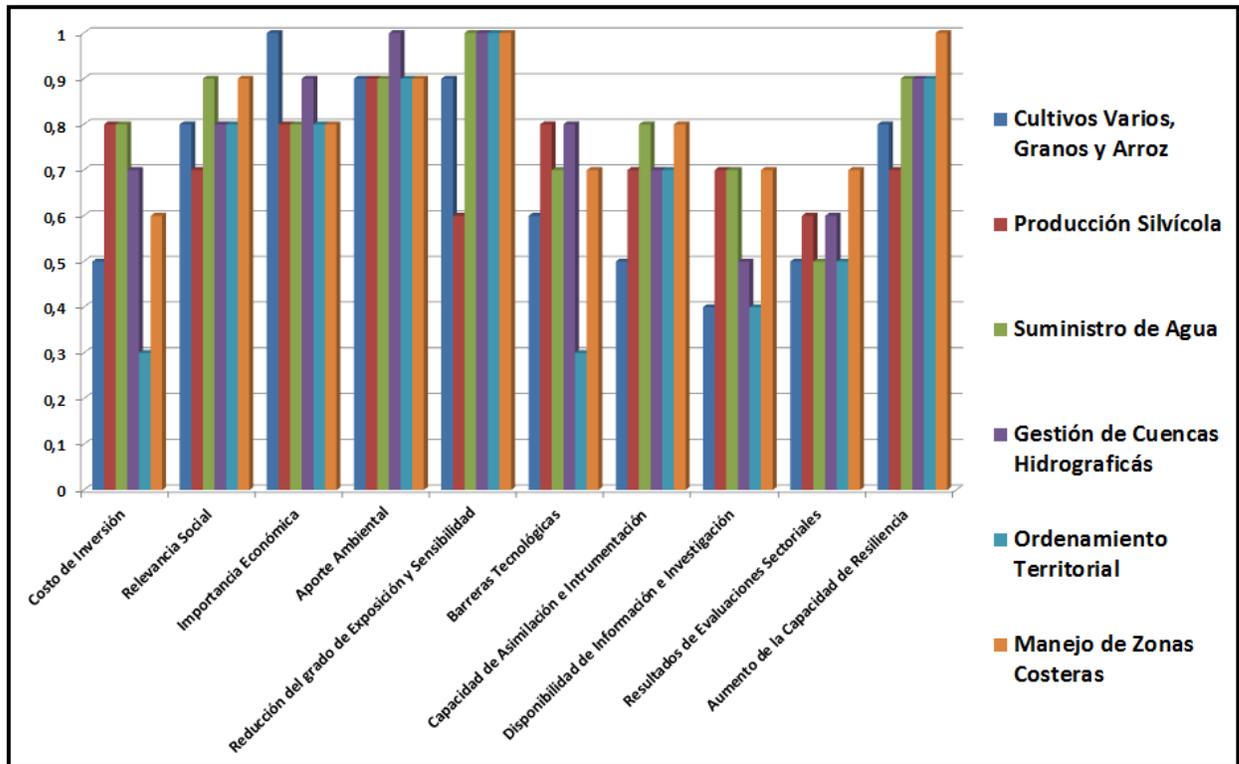


Figura 16. Ponderación de los criterios para la selección de las tecnologías.

## 5. Priorización de Tecnologías para el sector Agricultura.

La lista inicial de tecnologías para estos subsectores fue construida por criterios de expertos en la mayoría de los casos avalados por informes y resultados de investigaciones precedentes, lo que se muestra en la tabla 4, como se puede observar para el subsector cultivos varios, granos y arroz todas las tecnologías están asociadas al riego y drenaje, por ser esto determinante para la producción y en correspondencia con las vulnerabilidades descritas y las posibles medidas de adaptación.

Las tecnologías que conforman la lista larga (Tabla 4) para estos subsectores, promueven la sustentabilidad medioambiental, contribuyen a conservar las condiciones biológicas adecuadas para la producción futura, fortaleciendo los sistemas productivos existentes y mejorando la calidad de la cosecha y la productividad. Se integran coherentemente con las políticas de desarrollo y de adaptación al cambio climático, y permiten incorporar los conocimientos científicos y técnicos existentes interconectados con los locales.

**Tabla 4. Lista larga de tecnologías para el sector agricultura.**

Sector	Sub sector	Tecnología	
Agricultura	Cultivos Varios	CV1	Modernización de los sistemas de riego superficial a partir de la tecnología de riego intermitente o riego por pulsos para la producción a pequeña y mediana escala.
		CV2	Automatización de la medición del uso del agua en sistemas de producción de arroz.
		CV3	Tecnologías para el reúso del agua para el riego, fundamentalmente en sistemas de la agricultura urbana y suburbana.
		CV4	Modernización de tecnologías para la nivelación de tierras y la reparación y mantenimiento de canales de riego y drenaje, fundamentalmente en sistemas de producción de arroz.
		CV5	Introducción de tecnologías de drenaje sub superficial en áreas con problemas de sobre humedecimiento y salinidad.
		CV6	Sustitución de sistemas de riego por aspersión de alto consumo de energía y/o agua por tecnologías de mayor eficiencia como las máquinas de pivote central o los sistemas de aspersión de baja intensidad.
		CV7	Sustitución o introducción de tecnologías de riego localizado en áreas de baja disponibilidad del recurso hídrico.
	Producción silvícola	PS1	Silvicultura intensiva con empleo de material genético de alto valor y especialmente adaptado a zonas mayoritariamente llanas.

	PS2	Silvicultura de precisión, con programas de modelos espaciales de información y sistema automatizados.
	PS3	Tecnologías de producción de vivero, el reforzamiento de los requisitos nutricionales de las especies mediante la fertilización.
	PS4	Metodologías para establecer en un corto tiempo, la capacidad de adaptación de las especies arbóreas al estrés termo-hídrico en diferentes condiciones

Los resultados de la priorización de las tecnologías para el subsector cultivos varios, granos y arroz y para el de producción silvícola se muestran en las [figuras 17](#) y [18](#).

### 5.1 Priorización de tecnologías para el subsector cultivos varios, granos y arroz.

Fueron priorizadas las siguientes tecnologías para el subsector cultivos varios, granos y arroz: manejo del agua en sistemas de producción de arroz (CVA1 en la [figura 17](#)), automatización de la medición del uso del agua en sistemas de producción de arroz (CVA2 en la [figura 17](#)) y modernización de tecnologías para la nivelación de tierras y la reparación y mantenimiento de canales de riego y drenaje, fundamentalmente en sistemas de producción de arroz (CVA4 en la [figura 17](#)).

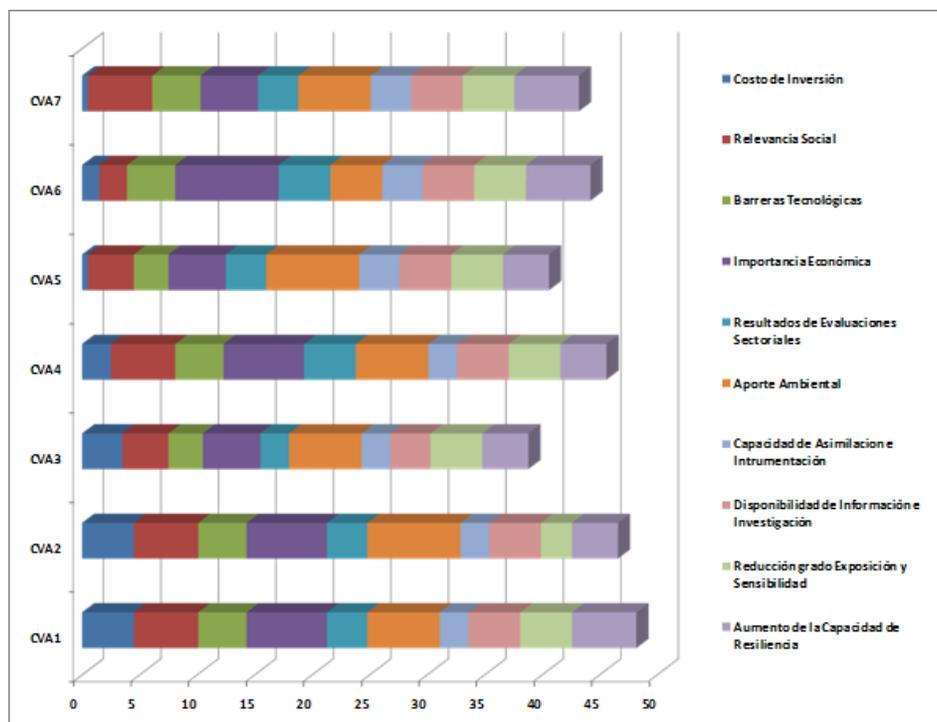


Figura 17. Resultado de la Priorización de las tecnologías para el subsector cultivos varios, granos y arroz.

### 5.2 Priorización de tecnologías para el subsector producción silvícola.

Para el subsector producción silvícola el resultado de la priorización, conllevó a seleccionar la tecnología silvicultura intensiva con empleo de material genético de alto valor y especialmente adaptado a zonas mayoritariamente llanas (PS1 en la [figura 18](#)).

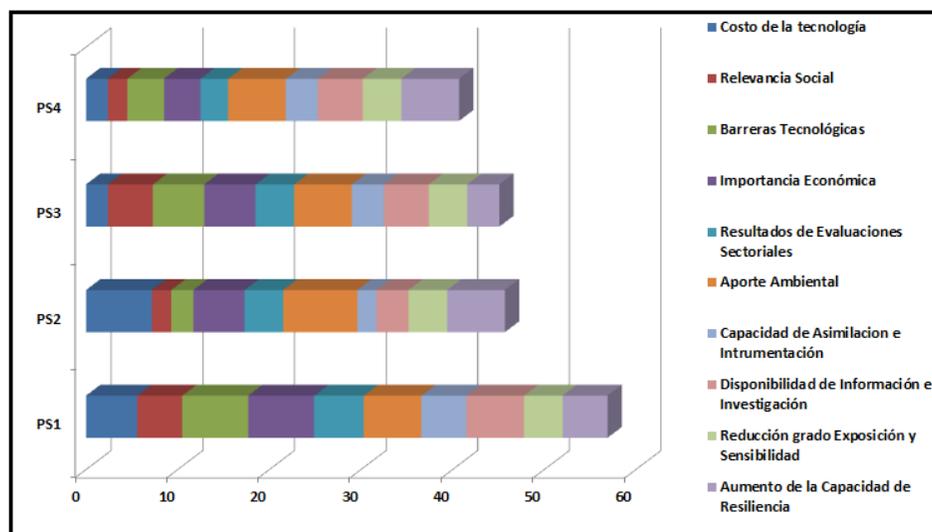


Figura 18. Resultado de la priorización de tecnologías para el subsector producción silvícola.

En los **anexos (anexos 1, 2, 3 y 4)** aparecen las fichas que describen las cuatro tecnologías priorizadas para este sector.

## 6. Priorización de Tecnologías para el sector Recursos Hídricos.

La lista larga (Tabla 5) de tecnologías para los subsectores suministro de agua y gestión de cuencas hidrográficas dentro del sector recursos hídricos se muestra en la tabla 5, y la misma fue construida por criterios de expertos en la mayoría de los casos avalados por informes y resultados de investigaciones precedentes. Estas tecnologías contribuyen fuertemente a prepararse ante los fenómenos meteorológicos extremos, la mayoría juega un papel determinante en la diversificación de los suministros de agua, favorecen el aumento de la capacidad del país y de las localidades para enfrentar los problemas relacionados con la calidad del agua, permiten la captación del recurso y la recarga de los acuíferos.

**Tabla 5. Lista larga de tecnologías para el sector recursos hídricos.**

Sector	Sub sector	Tecnología	
Recursos Hídricos	Suministro de agua	SA1	Tecnologías para la perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo.
		SA2	Tecnologías que permitan aumentar la efectividad de reducción de cargas contaminantes, principalmente orgánicas y biodegradables que se disponen en los cuerpos receptores superficiales.
		SA3	Tecnologías que permitan aumentar la efectividad de reducción de cargas contaminantes, principalmente orgánicas y biodegradables que se disponen en los cuerpos receptores subterráneos.
		SA4	Tecnologías para el mantenimiento de la infraestructura hidráulica.
	Gestión de Cuencas hidrográficas	GC1	Tecnologías para el control de la intrusión salina en las cuencas hidrográficas superficiales y acuíferos.
		GC2	Sistema de monitoreo y evaluación sistemática de aguas subterráneas.
		GC3	Sistemas de alerta para la prevención y protección hidrológica.

		GC4	Sistemas para el procesamiento y representación de datos, índices, indicadores para el manejo de la cuenca.
--	--	-----	---

Los resultados de la priorización de las tecnologías para el subsector suministro de agua y gestión de cuencas hidrográficas se muestran en las [figuras 19](#) y [20](#).

### 6.1 Priorización de Tecnologías para subsector suministro de agua.

En el subsector suministro de agua fueron priorizadas las tecnologías para el diseño, construcción y explotación de pozos de bombeo poco profundo y pozos para la recarga al manto subterráneo (SA1 [figura 19](#)) y aquellas que permitan aumentar la efectividad de reducción de cargas contaminantes, principalmente orgánicas y biodegradables que se disponen en aguas subterráneas (SA3, [figura 19](#)).

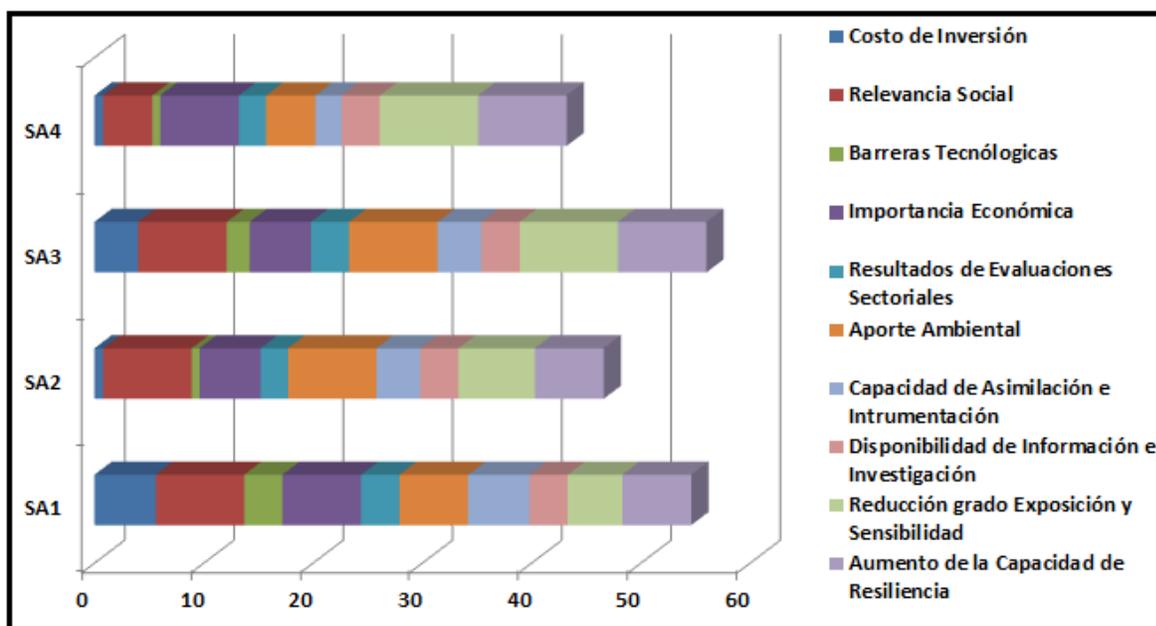


Figura 19. Resultado de la priorización de tecnologías para el subsector suministro de agua.

### 6.2 Priorización de Tecnologías para subsector gestión de cuencas hidrográficas.

En el subsector gestión de cuencas hidrográficas fueron priorizadas las tecnologías para el control de la intrusión salina en las cuencas hidrográficas superficiales y acuíferos (GC1, [figura 20](#)) y las asociadas a sistemas de monitoreo y evaluación sistemática de aguas subterráneas (GC2, [figura 20](#)).

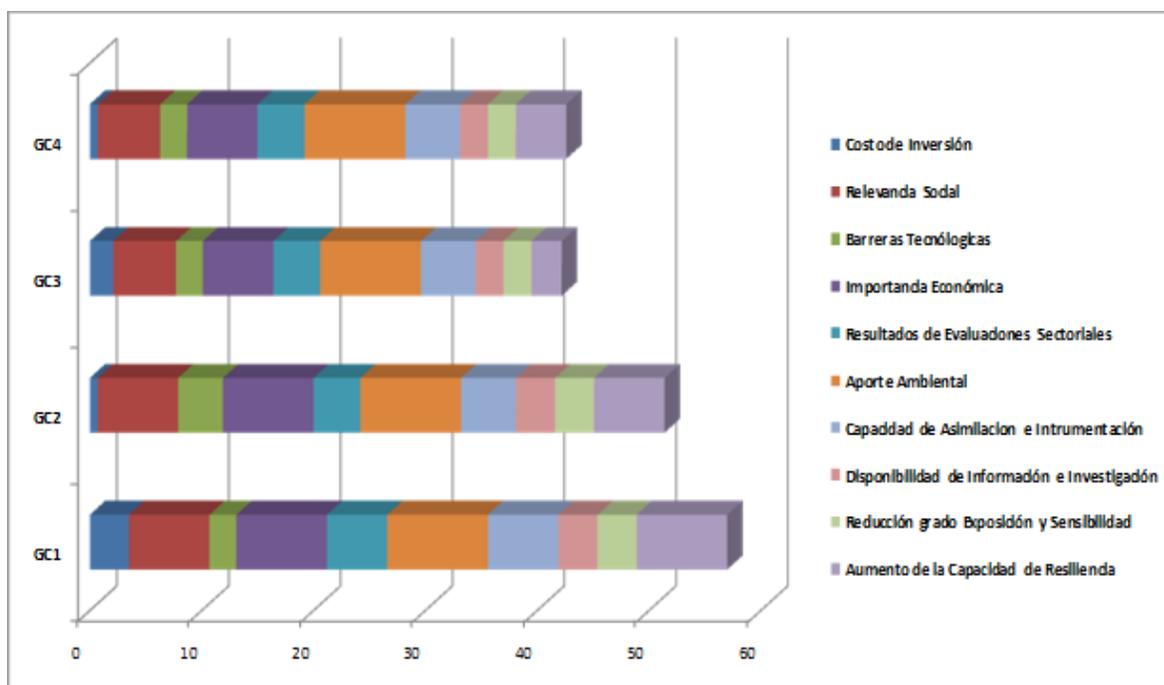


Figura 20. Resultado de la priorización de tecnologías para el subsector gestión de cuencas hidrográficas.

La descripción de cada una de las cuatro tecnologías seleccionadas, dos para el subsector suministro de agua y dos para gestión de cuencas hidrográficas, las fichas elaboradas aparecen en los anexos (Anexos 5, 6, 7 y 8).

## 7. Priorización de Tecnologías para el sector Zonas Costeras.

Dentro del sector zonas costeras se estableció una lista larga de tecnologías agrupadas por sus subsectores correspondientes ([tabla 6](#)), dichas tecnologías fueron elegidas por los expertos de acuerdo a los informes y resultados de investigaciones precedentes. Se tuvo en cuenta además los aportes del saber popular, así como las experiencias alcanzadas por los pobladores de las comunidades costeras, principalmente en el enfrentamiento a los fuertes vientos e inundaciones causadas por eventos hidrometeorológicos extremos.

**Tabla 6. Lista larga de tecnologías para el sector zonas costeras.**

Sector	Sub sector	Tecnología	
Zonas Costeras	Ordenamiento Territorial	OT1	Movimiento de comunidades costeras.
		OT2	Tecnologías constructivas apropiadas.
		OT3	Tecnologías blandas para las comunidades y el ordenamiento ambiental.
		OT4	Manejo de Riesgos
	Manejo de zonas costeras	MZ1	Barreras muertas y defensa contra inundaciones.
		MZ2	Restauración de playas
		MZ3	Protección de los Ecosistemas
		MZ4	Prevención de la Contaminación

Los resultados de la priorización de las tecnologías para el subsector ordenamiento territorial y manejo de zonas costeras se muestran en las [figuras 21](#) y [22](#).

### 7.1 Priorización de Tecnologías para subsector ordenamiento territorial.

En el subsector ordenamiento territorial fueron priorizadas las tecnologías constructivas apropiadas (OT2 [figura 21](#)).

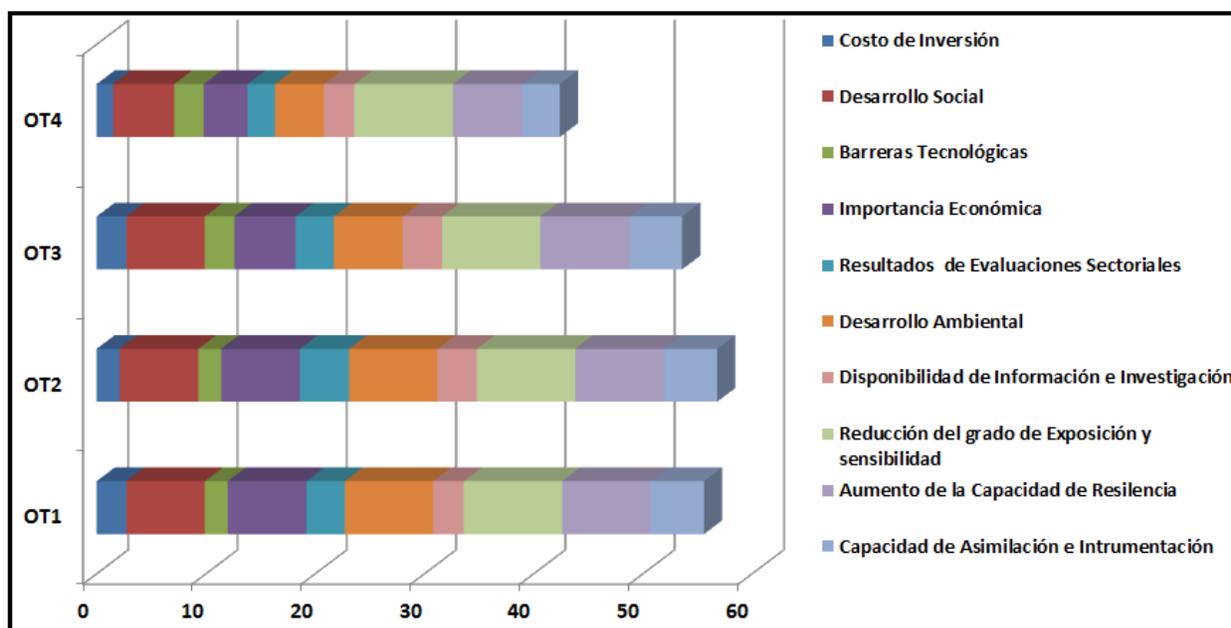


Figura 21. Resultado de la priorización de tecnologías para el subsector ordenamiento territorial.

Para la priorización de esta tecnología tuvo un peso determinante su capacidad de resiliencia y su reducción al grado de exposición y sensibilidad. El movimiento de comunidades costeras (OT1 [figura 21](#)), en las que ha existido una frecuencia significativa de ocurrencia de eventos hidrometeorológicos, no se tomó en cuenta por el grupo de expertos debido a que estas acciones se han realizado, además debe preverse el movimiento de otras comunidades, necesitándose un enfoque integral para la selección de esta tecnología.

## 7.2 Priorización de Tecnologías para subsector manejo de zonas costeras.

En el subsector manejo de zonas costeras, se identificaron primeramente cuatro tecnologías para su evaluación: barreras muertas y defensa contra inundaciones (MZ1), restauración de playas (MZ2), protección de los ecosistemas (MZ3), prevención de la contaminación (MZ4). El resultado de la evaluación por la metodología aplicada aparece representado en la [figura 22](#).

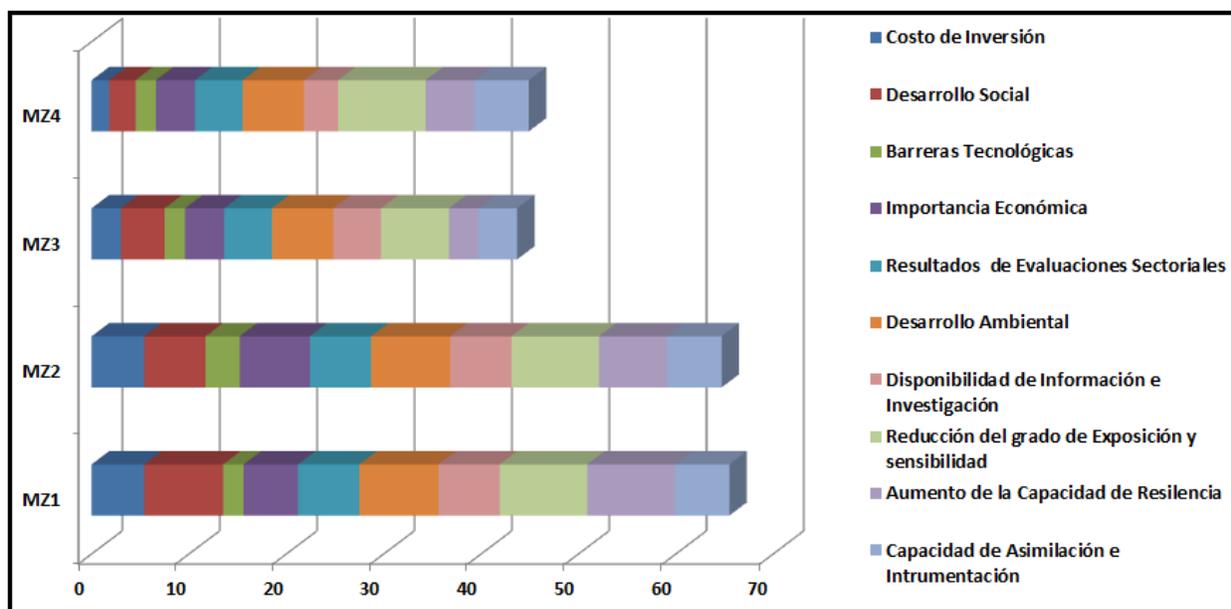


Figura 22. Priorización de tecnologías para el subsector manejo de zonas costeras.

En este caso, las barreras muertas y defensas contra inundaciones (MZ1) fueron priorizadas por su gran importancia como vía artificial de defensa contra las inundaciones y para la protección de las comunidades costeras, se señaló en éste sentido que estas barreras pueden desarrollarse a partir de recursos locales de las comunidades, lo cual resulta un aspecto atractivo a la hora de implementar la tecnología correspondiente. Además, se priorizaron las tecnologías restauración de playas (MZ2), debido a su importancia social y económica por su vinculación con el desarrollo turístico y el bienestar de la población.

La descripción de cada una de las tres tecnologías seleccionadas, una para el subsector ordenamiento territorial y dos para el manejo de zonas costeras, aparece en los **anexos (Anexos 9, 10 y 11)** de las fichas elaboradas.

## **8. Análisis de Barreras para el sector Agricultura.**

Los resultados de la priorización de tecnologías para el sector agricultura y presentados en el Informe I “Evaluación de Necesidades Tecnológicas – Adaptación”, señalan como primera prioridad la tecnología *MANEJO DEL AGUA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ARROZ*. Es por esto que, aplicando la metodología indicada, se pudo hacer el mapeo de mercado y la identificación de las barreras que impiden la adquisición y difusión de esta tecnología y desarrollar (proponer) algunos marcos instrumentales (medidas) para superar las mismas y facilitar su transferencia, adopción y difusión.

### **8.1 Metas preliminares para la transferencia y difusión de la tecnología manejo del agua en sistemas de producción de arroz.**

Constituye una meta la aplicación de sistemas de riego más eficientes y efectivos en las actuales áreas dedicadas al cultivo de arroz y en las nuevas 40 000 ha. proyectadas nacionalmente para contribuir al incremento de los rendimientos agrícolas en el período 2012-2016. Esto debe garantizar la reducción gradual de las importaciones de arroz, a la vez que se mantiene el consumo per cápita en Cuba.

Lo anterior se corresponde con los lineamientos de la política económica y social de Cuba en especial el referido a “reorganizar las actividades de riego, drenaje y los servicios de maquinaria agrícola para lograr un uso racional del agua”, además de ser una de las posibles respuesta a las proyecciones del cambio climático. Estas proyecciones pueden conducir a la falta de disponibilidad progresiva del agua para regadío y a la pérdida de áreas hoy cultivables en alturas cercanas al nivel del mar.

### **8.2 Descripción general de la tecnología manejo del agua en sistemas de producción de arroz.**

La tecnología manejo del agua en sistemas de producción de arroz constituye un paquete tecnológico compuesto por:

- El uso del riego intermitente o por pulsos para los sistemas de riego superficial a pequeña y mediana escala.
- La aplicación de tecnologías para la automatización de la medición y el control del uso del agua en sistemas de producción de arroz a mediana y gran escala.
- La introducción de tecnologías más modernas y de mayor efectividad y productividad en la nivelación y/o alisamiento del suelo, la reparación y mantenimiento de los canales y en los sistemas de medición y control del uso del agua de riego.

La tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz” se puede considerar como un bien de mercado, específicamente un bien de capital. Esta tecnología es aplicable a corto plazo y es de gran escala debido a su alcance nacional y sectorial. Realizando un breve análisis se puede decir que esta tecnología está orientada no solo a las empresas estatales de producción de arroz, sino para estimular y mejorar la producción de este producto en sectores no estatales, ya sean cooperativas y/o pequeños productores. Resulta válido aclarar que esta tecnología se encuentra en etapa de difusión, lo que corrobora el hecho de que sea una tecnología de corto plazo.

### 8.3 Identificación de las barreras para la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.

Teniendo en cuenta las características de la tecnología, qué objetivo se persigue y cuál es el alcance de su transferencia y difusión, se construyó el mapa de mercado que se muestra en el [anexo 1](#). Esta tecnología se ha considerado para el análisis como un bien de capital debido a las siguientes características de mercado: los principales consumidores son las empresas estatales (Complejos Agroindustriales arroceros (CAA)), es una inversión relativamente alta por su alcance territorial, la cadena de mercado es simple y existe un número limitado de proveedores locales de tecnologías.

No fue complejo identificar los actores de la cadena de mercado. Los productores son:

- Empresas estatales (CAA), que se caracterizan por cultivar grandes extensiones de tierras, un uso elevado de la mecanización, y se concentran fundamentalmente en 4 provincias del país: Granma, Camagüey, Sancti Spíritus y Pinar del Río
- Cooperativistas (UBPC, CPA, CSS, ver [anexo 1](#)), que se caracterizan por extensiones de tierras limitadas, media penetración de la mecanización y una mayor distribución geográfica
- Privados, son pequeños productores agrícolas, alto peso en las atenciones manuales al cultivo, distribuidos en todo el país.

Entre los productores y los consumidores, están las empresas distribuidoras de alimentos que pertenecen al Ministerio de Comercio Interior (MINCIN) y las del MITRANS. En muchos casos estas funciones las realizan los propios productores o personal contratado por ellos, fundamentalmente cuando va el producto a los mercados de oferta y demanda, donde los consumidores son los privados o la población, excepto cuando esta última lo adquiere por la canasta básica.

Al analizar el entorno habilitante se observa que esta tecnología está en correspondencia con los lineamientos de la política económica y social del país, lo que se expresa en los programas de: enfrentamiento al cambio climático, desarrollo agroalimentario y desarrollo hidráulico. Se observa también como la ley de medio ambiente contribuye favorablemente, así como la estrategia ambiental nacional en todo lo relacionado al agua y uso del suelo. El propio plan de la economía prioriza la producción de alimentos.

Se analizó entonces, las instituciones que hacen posible el funcionamiento del sistema agropecuario, las que regulan el mercado y las que brindan el servicio para que el mercado funcione. Fue precisamente en estos proveedores de servicio donde se encontraron las principales debilidades para lograr la transferencia de esta tecnología.

Las 16 barreras identificadas se muestran en la [tabla 7](#), y una descripción de las mismas aparece a continuación de la tabla.

**Tabla 7. Barreras identificadas para la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.**

<p><b>Barreras económicas y financieras</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Criterios de viabilidad económica financiera de las inversiones para la transferencia de tecnología pocos desarrollados en el sector agrícola.</li> <li>2. Costos de transacción elevados.</li> </ol>
---	---

<b>Fallos/imperfecciones en el mercado</b>	3. Infraestructura de mercado deficiente 4. Acceso restringido a la tecnología
<b>Políticas legales y reguladoras</b>	5. Marco legal y normativo complejo para todos los procesos de transferencia de tecnologías a nivel nacional. 6. Insuficientes los incentivos jurídicos desarrollados e implementados, dirigidos al uso más racional de los recursos para la producción sostenible de arroz.
<b>Fallos en la red</b>	7. Débil conexión entre actores que favorecen la nueva tecnología. 8. Insuficiente sinergias entre diferentes formas de producción (estatal, cooperativista, privado).
<b>Capacidad institucional y organizativa</b>	9. Insuficiente capacidad institucional para realizar los estudios para la transferencia de la tecnología. 10. Limitada capacidad a nivel productivo para formular las demandas que le permitan resolver sus principales problemas.
<b>Aptitudes humanas</b>	11. No están adecuadamente desarrolladas las instalaciones para la capacitación técnica y profesional según necesidades actuales. 12. Es aún insuficiente o está poco desarrollado el sistema estructurado de extensión agraria. 13. Falta de especialistas en servicio y mantenimiento que garanticen las acciones locales.
<b>Información y sensibilización</b>	14. Flujo de información insuficiente. 15. Limitada sensibilización en los productores sobre temas relacionados con el cambio climático y las soluciones tecnológicas.
<b>Técnicas</b>	16. La red de laboratorios y polígonos de prueba para evaluar las tecnologías adquiridas se ha debilitado.

### 8.3.1 Barreras económicas y financieras.

#### 8.3.1.1 Criterios de viabilidad económica financiera de las inversiones para la transferencia de tecnología pocos desarrollados en el sector agrícola:

La evaluación de la viabilidad económica financiera de inversiones asociadas a la transferencia de tecnologías para el sector agrícola, utiliza criterios de viabilidad que no siempre reflejan las especificidades del mismo, lo que trae como consecuencia una mayor complejidad del proceso de análisis, retardando la aprobación o no haciéndola oportuna o efectiva.

#### 8.3.1.2 Costos de transacción elevados:

Lo que se traduce en costos elevados para la preparación de las inversiones y de la adquisición de tecnologías. Debido a que mayoritariamente:

- los procedimientos establecidos para la preparación, tramitación y aprobación de transferencias de tecnología en general, son engorrosos, lentos y dejan espacio para la burocracia, lo que encarece estos procesos.

- el proceso de acopio y procesamiento de información para la preparación de la transferencia de tecnología es difícil y lento, lo que encarece los análisis de las diferentes opciones de tecnología, los estudios de factibilidad técnico económica, la exploración de los proveedores.
- son bien complejos los procesos para adquirir las tecnologías y su implementación, en algunos casos no salvables, con posibles medidas a tomar por los actores relevantes.

8.3.1.3 Sistemas de incentivos económicos – financieros incompletos:

Poca consideración de las externalidades en la toma de decisiones y el consumidor paga un precio por debajo del costo marginal del recurso agua.

8.3.1.4 Ambiente macro económico complejo:

Es aún alta la centralización de la actividad económica y la existencia de la dualidad monetaria dificulta los análisis económicos para la transferencia de tecnología.

**8.3.2 Fallos/imperfecciones en el mercado.**

8.3.2.1 Infraestructura de mercado deficiente:

Los canales de ofertas no están bien definidos y los que existen les falta articulación, hay una real escasez de suministradores de equipos, servicios técnicos y de piezas de repuesto, se dificulta adquirir equipos y componentes para las tecnologías ya introducidas. La adquisición de las tecnologías se realiza de manera altamente centralizada mediante un plan nacional que balancea oferta, demanda y disponibilidad financiera. Este procedimiento dificulta satisfacer demandas puntuales de tecnología y es poco flexible para satisfacer necesidades tecnológicas muy específicas.

8.3.2.2 Acceso restringido a la tecnología:

Problemas en la importación de la tecnología, partes y componentes, en lo que tiene una gran influencia las políticas restrictivas asociadas al bloqueo de EE.UU contra Cuba.

**8.3.3 Políticas, legales y reguladoras.**

8.3.3.1 Marco legal y normativo complejo para todos los procesos de transferencia de tecnologías a nivel nacional:

Existe un paquete de regulaciones y normas jurídicas, que en sentido general no están bien articuladas y no facilitan la transferencia de tecnologías y hacen complejo la aprobación de las inversiones.

8.3.3.2 Insuficientes los incentivos jurídicos desarrollados e implementados, dirigidos al uso más racional de los recursos para la producción sostenible de arroz:

La poca existencia o la baja implementación de incentivos para estimular la producción de alimentos y en particular de arroz, a la vez que inciten el ahorro y uso eficiente del agua y la energía, contribuye a que los productores posibles, ya sean estatales o cooperativistas, no estén motivados para la asimilación de nuevas tecnologías.

### **8.3.4 Fallos en la red.**

#### **8.3.4.1 Débil conexión entre actores que favorecen la nueva tecnología:**

Para lograr esta transferencia tecnológica, se requiere de la participación de actores multisectoriales (diversos ministerios y ramas) e interinstitucionales (productores, centros de I+D+i, empresas de ingeniería y proyecto, instituciones financieras). No todos estos actores tienen la misma comprensión del problema o coordinan sus actividades en este campo de manera insuficiente o no le dan la misma prioridad.

#### **8.3.4.2 Insuficiente sinergias entre diferentes formas productivas (estatal, cooperativista, privado):**

Cada una de las diferentes formas productivas que participan en la producción de arroz (empresarial, cooperativista y privado) en general tiene una escala productiva que la caracteriza. Al ser diferentes las escalas de producción se hace necesario hacer la adaptación de la tecnología para que la propia transferencia sea exitosa en cada caso. No obstante, en el proceso de transferencia de tecnología hay lecciones aprendidas y modos de actuación que son aplicables independiente del tipo de productor, cuya transferencia entre formas productivas es conveniente. Es necesario desarrollar sinergias que fortalezca la red de actores y demandas de adaptación de la tecnología.

### **8.3.5 Capacidad institucional y organizativa.**

#### **8.3.5.1 Insuficiente capacidad institucional para realizar los estudios para la transferencia de la tecnología:**

Las limitaciones en la capacidad institucional existente para fundamentar acciones de transferencia de tecnología dificulta la aprobación oportuna por los tomadores de decisión de las propuestas que se les hacen. Las incertidumbres en propuestas de transferencia de tecnología en cuanto a su fundamentación y viabilidad en ocasiones son apreciables. Esto está asociado a que la capacidad existente para establecer la factibilidad técnica económica, realizar estudios de mercado, evaluar tecnologías y formular esquemas de financiamiento, es insuficiente y en muchos casos fragmentada.

#### **8.3.5.2 Limitada capacidad a nivel productivo para formular las demandas que le permitan resolver sus principales problemas:**

Es bajo el desarrollo alcanzado a nivel empresarial y en otros tipos de productores para formular con precisión sus demandas y necesidades tecnológicas, en particular las que integralmente potencian mayor producción a menores costos y con el ahorro de recursos. Este hecho está asociado a la poca sistematicidad de la actualización del personal productivo en cuanto a tecnologías disponibles en el mercado y las experiencias internacionales de su uso. Al mismo es escaso el personal capacitado para la evaluación de la aplicabilidad de estas tecnologías en las condiciones productivas de las empresas y definir los requerimientos técnicos que deben cumplir para iniciar el proceso de formulación de la demanda.

### **8.3.6 Aptitudes humanas.**

#### **8.3.6.1 No están adecuadamente desarrolladas las instalaciones para la capacitación técnica y profesional según necesidades actuales:**

Los tecnológicos agropecuarios y las escuelas de capacitación deben ser fortalecidos y direccionados según necesidades actuales, para que el sistema formativo logre reaccionar lo suficientemente rápido a la introducción de las nuevas tecnologías.

#### **8.3.6.2 Es aún insuficiente o está poco desarrollado el sistema estructurado de extensión agraria:**

A pesar de la experiencia en otros subsectores del sector producción de alimentos, para la producción de arroz, no existe de forma estable un sistema de extensión agraria, lo que percute en los procesos de transferencia de tecnología. Este sistema puede jugar un rol importante en interconectar de manera sistémica a los productores y a éstos con profesionales del sector científico y educativo a nivel local o nacional. El personal que pudiera dedicarse a esta labor no está en muchos casos identificado y motivado.

#### **8.3.6.3 Falta de especialistas en servicio y mantenimiento que garanticen las acciones locales:**

La falta de estos especialistas o asociaciones que realizan servicios técnicos y de mantenimiento, determina en gran medida la sostenibilidad de la utilización de este tipo de tecnologías. Si bien las grandes empresas cuentan con dispositivos propios para esta tarea, las cooperativas y productores individuales que no los poseen, generalmente no cuentan con estos servicios técnicos en su localidad lo que facilitaría la conservación de un estado técnico adecuado del equipamiento. La tecnología tiene un alcance nacional porque se aplicará en todo el país, ya que estará orientada a las grandes empresas arroceras (situadas en oriente, centro y occidente) y local debido a que el mantenimiento se da de forma local, o sea al equipo específico.

### **8.3.7 Información y sensibilización.**

#### **8.3.7.1 Flujo de información insuficiente:**

Esto influye en el comprometimiento de los actores en el proceso de transferencia de tecnología y en la percepción que puedan tener sobre los beneficios económicos y los impactos ambientales. En nuestro caso, esta barrera tiene dos causas: las prestaciones de las redes informáticas son limitadas o no son accesibles para parte de los actores del proceso de transferencia, y los sistemas de gestión de información son insuficientes y no garantizan el acceso a todos los usuarios potenciales a aspectos tales como características generales de la tecnología, sus costos y sus beneficios.

#### **8.3.7.2 Limitada sensibilización en los productores sobre temas relacionados con el cambio climático y las soluciones tecnológicas:**

Para muchos productores la “Mejor Tecnología Disponible” no incluye necesariamente los aspectos asociados al ahorro de recursos u otros problemas ambientales locales o globales, subestimándose la consideración de beneficios no monetarios a corto plazo, pero que a mediano y largo plazo pudieran contribuir a la sostenibilidad de la producción.

### 8.3.8 Técnicos.

#### 8.3.8.1 La red de laboratorios y polígonos de prueba para evaluar las tecnologías adquiridas se ha debilitado:

La asimilación de este paquete tecnológico requiere de instalaciones o polígonos, que permita verificar el comportamiento de los indicadores técnicos, productivos y económicos en las condiciones del país, y que permita su adaptación según escala de producción y territorio.

### 8.4 Medidas propuestas para contrarrestar las barreras identificadas para la tecnología “Manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.

A continuación se presentan las medidas identificadas para las diferentes barreras, las que conforman un total de 19. Estas medidas cumplen con las políticas de desarrollo formuladas en los lineamientos [3] de la política económica y social que implementa hoy el país.

#### 8.4.1 Medidas económicas y financieras.

##### 8.4.1.1 Medida para contrarrestar los criterios pocos desarrollados de viabilidad económica financiera de las inversiones en la transferencia tecnológica en el sector agrícola:

1. Elaborar y aplicar criterios de viabilidad para la aprobación de las transferencias de tecnología, que a la vez que consideran las condiciones económicas financieras del país, reflejen las especificidades de las inversiones en el sector agrícola. Este es el caso de los valores de los indicadores económicos financieros, en particular las tasas internas de retorno y los plazos de pago de la inversión, la sistematización de la consideración de beneficios indirectos cuantificables o no, tales como la conservación del suelo y el ahorro de agua.

##### 8.4.1.2 Medida para contrarrestar los costos de transacción elevados:

2. Revisar y actualizar los procedimientos para facilitar la ejecución de estudios en la fundamentación de las propuestas de inversiones de transferencia y adquisición de tecnología.

#### 8.4.2 Medidas para contrarrestar los fallos e imperfecciones en el mercado.

##### 8.4.2.1 Medidas debido a la existencia de una infraestructura de mercado deficiente:

3. Implementar acciones que estimulen el incremento del número de suministradores de tecnología en plaza y que incrementen la efectividad de los canales de distribución de recursos materiales y equipos.
4. Realizar acciones dirigidas a la producción nacional, al menos de parte de los suministros procedentes del extranjero, manteniendo la calidad y con precios competitivos, acercarlos a las plantas, producirlos a tiempo y controlar aquellos suministros que son claves.

##### 8.4.2.2 Medida que contrarreste el acceso restringido a la tecnología:

5. Identificar suministradores no sometidos a las políticas restrictivas vinculadas al bloqueo económico financiero de EE.UU a Cuba.
6. Incrementar el desarrollo y la producción nacional del equipamiento, piezas y accesorios asociados a esa tecnología.

### **8.4.3 Medidas sobre políticas legales y reguladoras.**

#### 8.4.3.1 Medidas para contrarrestar un marco legal y normativo complejo para todos los procesos de transferencia de tecnologías a nivel nacional:

7. Simplificar y hacer mucho más efectivos los procedimientos de aprobación de transferencias de tecnología, logrando un paquete sistémico moderno acorde a las nuevas exigencias del desarrollo económico y social del país.

#### 8.4.3.2 Medidas para contrarrestar los insuficientes incentivos desarrollados e implementados, dirigidos al uso más racional de los recursos para la producción sostenible de arroz:

8. Establecer incentivos que dirigidos a estimular el uso más racional de los recursos y a la aplicación de buenas prácticas de producción. Por ejemplo bonificaciones por alto rendimiento agrícola, incremento de la tasa de retención de utilidades asociado a los indicadores de consumo de agua y energía, prioridad en los programas de nuevas inversiones en dependencia de la aplicación de buenas prácticas, etc.

### **8.4.4 Medidas para contrarrestar los fallos en la red.**

#### 8.4.4.1 Medidas para contrarrestar una débil conexión entre actores que favorecen la nueva tecnología:

9. Fortalecer los procesos de dirección de la ejecución de transferencias de tecnología. Con este fin establecer capacidades institucionales y mecanismos para dirigir el proceso de transferencia de tecnología, capacitar de forma integral a los que participan en el mismo, y propiciar que se alcancen visiones compartidas por todos los actores para que puedan abordar integralmente este proceso.
10. Fortalecer la conexión entre el sector productivo y los educativos y científico tecnológico (instituciones científicas y de desarrollo tecnológico, las escuelas formadoras de especialistas y técnicos, las universidades) para lograr que de manera sistemática se evalúen de forma conjunta diferentes alternativas y proyecciones en cuanto a la asimilación de la tecnología, asesoramiento técnico, evaluaciones tecnológicas, etc.

#### 8.4.4.2 Medidas que contrarresten la insuficiente sinergia entre diferentes formas de producción de arroz:

11. Fortalecer e implementar un sistema de extensión agraria que identifique productores con una misma problemática y que facilite el intercambio con los restantes actores que participan en la transferencia de tecnología.
12. Lograr el marco legal que viabilice la creación de alianzas entre las diferentes formas de producción y permita establecer sinergias entre los productores estatales, cooperativistas y privados.

### **8.4.5 Medidas para contrarrestar una capacidad institucional y organizativa limitada:**

#### 8.4.5.1 Medidas que contrarresten la insuficiente capacidad institucional para realizar los estudios en la transferencia de la tecnología:

13. Ampliar la capacidad técnica y operacional de los dispositivos institucionales para realizar los estudios de pre inversión que fundamentan los procesos de transferencia de tecnología. Se debe asegurar que la demanda de los diferentes tipos de estudio pueda ser

satisfecha en plazos adecuados y con la calidad requerida. Con este fin se requiere entre otras acciones, aumentar la cantidad y preparación del personal; fortalecer la capacidad operacional de las instituciones existentes; incrementar su interconexión según su perfil y tareas que ejecutan; promover la participación directa de los productores en los estudios para aumentar su comprensión y compromiso.

8.4.5.2 Medidas que contrarresten una limitada capacidad a nivel productivo para formular las demandas:

14. Incrementar la preparación y entrenamiento del personal del sector productivo vinculado a la formulación de las demandas de tecnología a la vez que se establecen mecanismos que faciliten su interconexión con instituciones científicas y de I+D y las universidades para realizar de forma conjunta la evaluación de alternativas y proyecciones en cuanto a la asimilación de nueva tecnologías.

**8.4.6 Medidas para contrarrestar aptitudes humanas negativas.**

8.4.6.1 Medidas para contrarrestar los efectos por no estar adecuadamente desarrolladas las instalaciones para la capacitación técnica y profesional según necesidades actuales:

15. Consolidar los esquemas y sistemas de control para que de manera creciente, el proceso de fortalecimiento de las instituciones de formación técnico profesional, se haga rápidamente y en correspondencia con las actuales demandas del sector agrícola.

8.4.6.2 Medida para contrarrestar el insuficiente o poco desarrollado sistema de extensión agraria:

16. Crear, desarrollar e implementar un sistema de extensión agraria, y en particular para la producción de granos y arroz.

8.4.6.3 Medida para contrarrestar la falta de especialistas que garanticen los servicios locales para el mantenimiento de la tecnología o de sus componentes:

17. Potenciar a nivel local, a través del trabajo por cuenta propia, el desarrollo de este tipo de actividad, clave para los servicios técnicos y de mantenimiento de componentes y equipos de la tecnología.

**8.4.7 Medidas relacionadas con la información y sensibilización.**

8.4.7.1 Medidas para contrarrestar el flujo de información insuficiente:

18. Crear mecanismos para la edición sistemática de boletines informativos, la elaboración y actualización bases de datos, la realización de conferencias y talleres técnicos que posibilite el acceso de los interesados a la información tecnológica y comercial requerida para la fundamentación y ejecución de acciones de transferencia de tecnología.

8.4.7.2 Medidas para contrarrestar la limitada sensibilización en los productores sobre temas relacionados con el cambio climático y las soluciones tecnológicas:

19. Fortalecer los sistemas de educación y concientización ambiental, que inserten adecuadamente el factor tecnológico y el rol de las tecnologías para dar solución simultánea a los problemas actuales y futuros.

#### **8.4.8 Medidas relacionadas con el aspecto técnico.**

##### **8.4.8.1 Medida para contrarrestar la debilidad de la red de laboratorios y polígonos de prueba para evaluar las tecnologías adquiridas:**

20. Incorporar como uno de los proyectos de desarrollo y con el financiamiento requerido, el rescate de la red de laboratorios y polígonos de prueba para evaluar las tecnologías y certificarlas en de ser necesario.

Al aplicarse la serie de pasos metodológicos correspondientes al análisis de la tecnología para el manejo del agua en sistemas de producción de arroz fueron considerada como un bien de mercado, específicamente como un bien de capital, debido a que:

- Los principales consumidores son las empresas estatales (Complejos Agroindustriales arroceros).
- La inversión correspondiente es relativamente alta debido al alcance nacional de la implementación de dichas tecnologías.
- Poseen una cadena de mercado más simple.
- El número de proveedores de dichas tecnologías es limitado.

El análisis de barreras permitió establecer un total de 16 barreras y 20 medidas para eliminar o sortear dichas barreras.

#### **8.5 Entorno habilitante para superar las barreras.**

El entorno habilitante está determinado conceptualmente como el rango de condiciones institucionales instituciones regulatorias y políticas que conducen a la promoción, transferencia y difusión de las tecnologías priorizadas.

Al analizar el entorno habilitante para la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”, se encontró que existen las medidas legislativas tomadas a nivel de país que condicionen o afecten la transferencia de la tecnología mencionada. Este tema se basa principalmente en el establecimiento de leyes, regulaciones, estrategias y programas nacionales como la Ley de Medioambiente, las Regulaciones para la evaluación de impactos ambientales, Regulaciones específicas para la transferencia de tecnologías, la Estrategia ambiental nacional, el Programa de desarrollo agroalimentario, el Programa de enfrentamiento al cambio climático, el Programa de desarrollo hidráulico y los Programas de desarrollo local. Estos aspectos legislativos pudieran considerarse en ciertas etapas de la transferencia de tecnologías como barreras, sin embargo, para cumplir correctamente con las normas ambientales y climáticas se pueden considerar como aliados. Cada una de estas leyes, regulaciones y programas nacionales dependen cumplen con las políticas de desarrollo para el país expresada en los lineamientos de la política económica y social. Debe tenerse en cuenta que el principal opositor para una adecuada transferencia de esta tecnología resulta en este caso el plan nacional de la economía, que condiciona los aspectos internos a la hora de sortear barreras ([Anexo 1](#)).

## **9. Análisis de Barreras para el Sector Recursos Hídricos.**

La tecnología priorizada para el sector Recursos Hídricos, que corresponde al subsector Suministro de Agua, es la tecnología *Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo*. Dicha tecnología, constituida por un paquete tecnológico, responde a la línea de desarrollo del país, está asociada al programa hidráulico y a lograr mayor disponibilidad de agua y por tanto reducir los impactos negativos a la población y a la producción de alimento por estrés hídrico.

Para esta tecnología se llevó a cabo el mapeo de mercado, siendo una herramienta muy útil, ya que facilitó comprender quiénes son los actores en el mercado para dicha tecnología, qué servicios de apoyo están disponibles según las necesidades para su asimilación y cuál es el entorno habilitante que propicia su transferencia al país. Posteriormente, se determinaron las barreras y se diseñaron las principales medidas que pudieran neutralizar o eliminar las barreras identificadas, de forma individual o interconectada.

En este proceso hubo que convocar a diferentes actores, pero por las características de esta tecnología, fue clave los que representaron al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, como organismo rector y con empresas, las que constituyen actores directos de la cadena o que brindan los servicios para la evaluación del recurso agua.

### **9.1 Metas preliminares en la transferencia y difusión de la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.**

La meta de este proceso de transferencia de tecnología es disponer de una tecnología que permita con alta eficiencia y efectividad, perforar, recubrir y diseñar la explotación de pozos poco profundos, destinados a:

- Disminuir el probable déficit de agua en períodos en que el régimen de lluvia no garantice el suministro de agua para diferentes usos (doméstico, agropecuario, industrial) a partir de las fuentes superficiales.
- Recargar el manto freático en períodos de grandes precipitaciones o mediante el empleo de aguas debidamente tratadas para estos fines.

De lograrse la meta se podría responder totalmente a la demanda nacional, hoy no cubierta, a pesar que se perforan como promedio un total de 1200 pozos anualmente, y brindar servicios a empresas que hoy lo demanden como la construcción de pozos.

Lo anterior está en correspondencia con los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución de continuar desarrollando el programa hidráulico y garantizar el uso racional de los recursos naturales.

### **9.2 Descripción general de la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.**

Esta tecnología constituye un paquete tecnológico compuesto por:

- Equipo de alta eficiencia y productividad para la perforación de pozos poco profundos (hasta 100m).

- Equipamiento para verificar “in situ” los volúmenes estimados de extracción de agua y determinar su calidad.
- Sistema computarizado para establecer los regímenes de explotación, ya sea extracción o recarga según el objetivo del pozo.

La tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo” al igual que la tecnología en el capítulo anterior se puede considerar como un bien de mercado, específicamente un bien de capital. Esta tecnología tiene un alcance de corto plazo, el cual se extenderá por espacio de cinco años, y será de aplicación en gran escala, debido a su alcance nacional y sectorial. Realizando un breve análisis se puede decir que esta tecnología está orientada a sectores económicamente importantes para el país como el turismo, plantas hidráulicas, y de forma transversal al sector de la agricultura, además de ser de vital importancia para el sector poblacional, que se abastece a partir de los acuíferos subterráneos. Resulta válido aclarar que esta tecnología se encuentra en etapa de despliegue.

Este comprende un equipo de perforación rotaria para realizar calas de investigación en las áreas del proyecto, para el estudio hidrogeológico, que defina las zonas de mejor perspectivas para la ubicación de los nuevos pozos de explotación, ya sea para el abastecimiento de agua a la población, diversas obras socio-económicas, para el riego o con fines de drenaje vertical o recarga artificial del acuífero.

Debe estar habilitado del suplemento para la recuperación de muestras de suelo y rocas, cuyo objetivo es definir el corte litológico a partir de su descripción y sus determinaciones de laboratorio.

Debe disponer de equipos de medición del nivel de las aguas subterráneas para poder medir las variaciones que se produzcan durante la perforación. Disponer también de packs<sup>1</sup> para poder independizar horizontes acuíferos con la finalidad de evaluar la acuosidad del mismo, su carga hidráulica y la calidad de sus aguas y en caso conveniente, poder instalar sensores independientes que permitan monitorear varios horizontes simultáneamente.

También se compone de una perforadora de pozos para perforar los pozos definitivos ubicados por el estudio hidrogeológico en lugares de mayores perspectivas hidrogeológicas, y pueda ser construido con un diseño apropiado a las condiciones acuíferas en cuanto a diámetros de perforación, tipo y posición del encamisado, y si requiriera la instalación de filtros de grava de diferente granulometría de acuerdo a la explotación de acuíferos de rocas granulares.

Podrá incluir un equipo geofísico de pozos que permita hacer diversidad de registros para evaluar las variaciones litológicas de la perforación, de la presencia de agua subterránea, de la variación de la salinidad, de la presencia de oquedades o cavernas, y comprobar la terminación del pozo una vez perforado.

Resulta necesaria la referenciación geodésica de los pozos y su nivelación para poder tener precisión en las diferentes cotas del terreno, los acuíferos y sus niveles de las aguas.

---

<sup>1</sup> Suplemento que sirve para independizar horizontes acuíferos en el interior de los pozos, es muy utilizado en exploración de pozos petroleros.

### 9.3 Identificación de las barreras para la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.

Antes de realizar el análisis de barreras se hizo el mapeo de mercado, respondiendo a las preguntas que a continuación se presentan y cuyo resultado se muestran en el [anexo 2](#).

- ¿Quiénes favorecen el ambiente de mercado?
- ¿Quiénes participan en la cadena de mercado?
- ¿Quiénes son los proveedores de servicios de apoyo para que se realice la cadena mercado?

Las características ya descritas de esta tecnología, hacen que la misma sea considerada para su transferencia como un bien de capital. Se confieren al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) un rol central, pues sus empresas son casi dominantes en la cadena de mercado. Los principales servicios de apoyo también responden en su mayoría a instituciones del INRH. Desde ese punto de vista fue menos complejo construir el mapa de mercado, sin embargo este ofreció la oportunidad de visualizar algunas barreras clave para esta tecnología, comunes para todo el sector hídrico.

A través de las regulaciones y el papel que juegan los diferentes ministerios como responsables de controlar políticas, son parte del entorno habilitante los siguientes: CITMA, el INRH; de Economía; de Finanzas y Precios y de la Agricultura. También la Defensa Civil y los Gobiernos locales, formulados en los programas de reducción de desastres, los cuales se expresan a nivel nacional, territorial y en las instituciones estatales. Pero también los gobiernos locales son clave en la estrategia de desarrollo del territorio, y el tema agua es un eje transversal en todo el proceso de formulación y ejecución de la misma.

En la [tabla 8](#) se enuncian las barreras encontradas en un total de 11. Es válido aclarar que dichas barreras existen para el paquete tecnológico en general que representa la tecnología analizada. Una descripción detallada se hace a continuación de la tabla.

**Tabla 8. Barreras identificadas para la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.**

<b>Barreras económicas y financieras</b>	1. Falta o acceso inadecuado a recursos financieros. 2. Costos de transacción elevados.
<b>Fallos/ imperfecciones en el mercado.</b>	3. Acceso restringido a la tecnología.
<b>Fallos en la red.</b>	4. Insuficiente conexión entre actores que favorecen la nueva tecnología.
<b>Capacidad institucional y organizativa.</b>	5. Limitada capacidad científica y tecnológica para el sector hídrico.
<b>Aptitudes humanas.</b>	6. Bajo completamiento del personal del sistema de inspección estatal de los recursos hídricos. 7. Falta de especialistas en servicio técnico y mantenimiento.

<b>Información y sensibilización.</b>	8. Limitada sensibilización de todos los actores sobre temas relacionados con el cambio climático y los impactos esperados por la implementación de la tecnología.
<b>Técnicas</b>	9. Se carece de instalaciones para pruebas y certificación.

### 9.3.1 Barreras económicas y financieras.

#### 9.3.1.1 Falta o acceso inadecuado a recursos financieros:

Acceso limitado a fuentes de financiamiento internacional (incluye créditos bancarios y ayudas de organismos internacionales) para nuevas inversiones. Por otro lado, la situación económica del país no permite disponer de todos los recursos financieros necesarios para lograr la transferencia de tecnología en la magnitud requerida.

#### 9.3.1.2 Costos de transacción elevados:

Lo que se traduce en costos elevados para la preparación debido a procesos largos para identificar y determinar los proveedores, y llegar a adquirir la tecnología. En algunos casos estos costos no son salvables, con posibles medidas a tomar por los actores relevantes.

### 9.3.2 Fallos/imperfecciones en el mercado.

#### 9.3.2.1 Acceso restringido a la tecnología:

Problemas en la importación de la tecnología, partes y componentes, en lo que tiene gran influencia las políticas restrictivas asociadas al bloqueo de EE.UU contra Cuba, por lo que se dificulta adquirir equipos y componentes para las tecnologías ya introducidas.

### 9.3.3 Fallos en la red.

#### 9.3.3.1 Insuficiente conexión entre actores que favorecen la nueva tecnología:

La coordinación de las actividades de los principales actores institucionales que participan en esta transferencia de tecnología generalmente no ocurre de manera eficiente y consensuada, lo que limita la eficiencia y eficacia de este proceso. Por ejemplo, los que establecen la demanda de la tecnología no siempre tienen en cuenta los criterios de quienes evalúan el recurso o buscan sus opiniones ya una vez iniciado el proceso. Este grupo de actores institucionales están vinculados fundamentalmente al sector recursos hídricos (Empresa de Perforación y Control de Pozos, Grupo Empresarial de Acueducto y Alcantarillados, Grupo Empresarial de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos, Empresas suministradoras de equipos (CUBAHIDRÁULICA, Grupo de Investigaciones de Proyectos e Ingenierías).

### 9.3.4 Capacidad institucional y organizativa.

#### 9.3.4.1 Limitada capacidad y dispersión de la capacidad científica y tecnológica para el sector hídrico:

La capacidad para dar respuesta a las demandas científica y tecnológica de este proceso de transferencia de tecnología están limitadas como resultado de la obsolescencia tecnológica y relativo deterioro de la infraestructura que se dispone en las empresas de ingeniería y proyecto y en los centros de investigación y universidades que aportan al sector hídrico, así como por la pérdida o envejecimiento del personal técnico capacitado y entrenado en las mismas. Esta

situación se da en particular en la evaluación del recurso agua y en la implementación de las tecnologías.

### **9.3.5 Aptitudes humanas.**

#### **9.3.5.1 Es aún insuficiente o está poco desarrollado el sistema de inspección estatal de los recursos hídricos:**

El cumplimiento cabal de la legislación vigente y el control de las medidas para la segura operación de los pozos según parámetros técnicos de explotación está comprometido debido a que el sistema establecido con este fin no cuenta con todo el personal necesario para ejecutar estas funciones. El personal que pudiera dedicarse a esta labor no está en muchos casos identificado y motivado. Este sistema de inspección estatal de los recursos hídricos está establecido desde hace años y tienen antecedentes de ser operado de una manera exitosa.

#### **9.3.5.2 Falta de especialistas en servicio y mantenimiento que garanticen las acciones locales:**

La falta de los especialistas que realizan servicios técnicos y de mantenimiento, limita en gran medida la sostenibilidad de la utilización de este tipo de tecnología y alcanzar los impactos positivos y con el alcance previsto.

### **9.3.6 Información y sensibilización.**

#### **9.3.6.1 Limitada sensibilización de todos los actores sobre temas relacionados con el cambio climático y el rol de las tecnologías y su adecuada instrumentación y explotación:**

La asimilación y explotación adecuada de la tecnología requiere de una participación consciente de las empresas y productores privados en el proceso de transferencia de tecnología. Aunque se desarrollan programas de educación y concientización, entre ellos el PAURA, estos no son suficientes para lograr el efecto esperado en los principales actores del proceso, debido a que su alcance temático se enfoca en los aspectos relacionados con el ahorro. Estos actores son: Grupo Empresarial de Acueducto y Alcantarillados (GEAL), Grupo Empresarial de Aprovechamientos de los Recursos Hídricos (GEARH), Empresa Nacional de Perforación y Construcción (ENPC), el INRH y los pobladores.

### **9.3.7 Técnicos.**

#### **9.3.7.1 Se carece de instalaciones para pruebas y certificación:**

La asimilación de este paquete tecnológico requiere de instalaciones o polígonos que garanticen la seguridad necesaria en los equipos hidrométricos.

## **9.4 Medidas propuestas para contrarrestar las barreras identificadas para la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.**

Para las nueve barreras se diseñaron 16 medidas, que fueron ampliamente analizadas para poder jerarquizar y fundamentar éstas. A continuación se describen.

### **9.4.1 Medidas económicas y financieras.**

#### **9.4.1.1 Medida para contrarrestar la falta o acceso inadecuado a recursos financieros:**

1. Identificar fuentes financieras con voluntad de dar créditos blandos y con tasas de interés bajos y crear capacidad para acceder a estas.

9.4.1.2 Medidas para contrarrestar los costos de transacción elevados:

2. Crear sistemas de bases de datos sobre proveedores y sus características, facilitándose con ello el proceso de identificación de los mismos.
3. Simplificar al máximo los procedimientos establecidos para este tipo de inversión.

**9.4.2 Medidas para contrarrestar los fallos/imperfecciones en el mercado.**

9.4.2.1 Medidas que contrarresten el acceso restringido a la tecnología y escasez de suministradores de equipos y de piezas de repuesto:

4. Diversificar por su ubicación geográfica a los suministradores de tecnología a los que se accede.
5. Producir en el país componente para sustituir importaciones.

**9.4.3 Medidas para contrarrestar los fallos en la red.**

9.4.3.1 Medidas para contrarrestar la insuficiente conexión entre actores que favorecen la nueva tecnología:

6. Interconectar con mayor direccionalidad las instituciones dentro del INRH, de forma tal que se logre la asimilación y difusión de la tecnología y la reproducción ampliada de sus beneficios.
7. Reglamentar para la ejecución de la perforación de los pozos la certificación del grupo empresarial que evalúa el recurso.
8. Fortalecer las capacidades institucionales y los mecanismos para dirigir el proceso de transferencia de tecnología promoviendo la integración de los principales actores.

**9.4.4 Medidas para contrarrestar la capacidad institucional y organizativa limitada:**

9.4.4.1 Medidas que contrarresten la limitada capacidad de las empresas de ingeniería y en particular de las que evalúan el recurso agua y de la que ejecuta directamente la tecnología:

9. Crear vínculos contractuales entre el Grupo de Investigaciones de Proyectos e Ingeniería del INRH y las Universidades, y en particular con el Centro de Investigaciones Hidráulicas del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” (ISPJAE), lo que repercutirá en la formación y en la complementación de los estudios y evaluaciones.
10. Fortalecer la capacidad existente en las empresas de ingeniería, priorizando a nivel del INRH la captación de graduados universitarios y de técnicos medios en carreras identificadas, haciendo una proyección a corto y mediano plazo de acuerdo a necesidades y proyecciones.
11. Establecer un perfil hidro-meteorológico dentro de la carrera de Meteorología.
12. Modernizar la capacidad de evaluación del recurso en el Grupo de Investigaciones de Proyectos e Ingeniería, e incorporarlo como uno de los proyectos de desarrollo con el financiamiento requerido para dicha acción, la cual impactará positivamente en todo el sector.

#### **9.4.5 Medidas para contrarrestar aptitudes humanas negativas.**

##### 9.4.5.1 Medidas que contrarresten el insuficiente o poco desarrollado sistema de inspección estatal de los recursos hídricos:

13. Captar a nivel local personal con potencialidad de desarrollar esta acción, capacitar adecuadamente y establecer incentivos económicos y de otra naturaleza que motive su estabilidad en este cuerpo de control.

##### 9.4.5.2 Medida para contrarrestar la falta de especialistas en servicio y mantenimiento que garanticen las acciones locales:

14. Potenciar a nivel local el desarrollo de servicios técnicos y de mantenimiento de la tecnología, a través de grupos especializados creados por el INRH, o por el trabajo por cuenta propia.

#### **9.4.6 Medidas relacionadas con la información y sensibilización.**

##### 9.4.6.1 Medidas para contrarrestar la limitada sensibilización de todos los actores sobre temas relacionados con el cambio climático y el rol de las tecnologías y su adecuada instrumentación y explotación:

15. Fortalecer y ampliar el alcance y contenido, desde el punto de vista tecnológico, de los programas de educación y concientización, entre ellos el del PAURA.

#### **9.4.7 Medidas técnicas.**

##### 9.4.7.1 Medida para superar la carencia de instalaciones para pruebas y certificación:

16. Crear las instalaciones para pruebas y certificación, sobre la base de las que existieron y se deterioraron, lo que pudiera ser parte del paquete tecnológico para varias tecnologías del sector.

### **9.5 Entorno habilitante para superar las barreras.**

El entorno habilitante, es considerado como el rango completo de condiciones institucionales, regulatorias y políticas que conducen a la promoción, transferencia y difusión de las tecnologías priorizadas. La tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo” depende principalmente del Programa de enfrentamiento al cambio climático, del Programa de desarrollo hidráulico, de los Programas de desarrollo local y debido a la transversalidad del sector y las áreas que abarca del Programa de desarrollo agroalimentario. La forma y la profundidad en que se puedan cumplir con cabalidad las Regulaciones para la evaluación de impactos ambientales, la Estrategia ambiental nacional y la Ley del Medioambiente depende del papel como aliado u opositor que jueguen en cada momento los Planes de la economía y de reducción de desastres, así como cumplan con las directrices de los Lineamientos de la política económica y social del país.

### **9.6 Vínculos entre las barreras del sector Agricultura y Recursos Hídricos.**

Como resultado del análisis de este entorno habilitante para las tecnologías: “Manejo del agua en sistemas de producción de arroz” y “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”, se encontró que hay barreras comunes a pesar que pertenecen a diferentes sectores. Y esto está

dado: Se habla del recurso agua, buscando eficiencia de su uso y mayor disponibilidad; quien regula y controla su uso es siempre el INRH y el principal usuario de ese recurso es la agricultura.

Es por esto que hay un conjunto de medidas que son comunes para ambas tecnologías y que de forma resumida se pueden formular:

- Identificar fuentes financieras con voluntad de dar créditos blandos y con tasas de interés bajos y crear capacidad para acceder a estas.
- Establecer la medición del gasto de agua a todos los usuarios, fijar los costos por el servicio y precio adecuado del recurso.
- Estimular el incremento del número de suministradores de tecnología en plaza y fortalecer los suministradores actuales.
- Realizar acciones dirigidas a la producción nacional al menos de parte de los suministros procedentes del extranjero, manteniendo la calidad y con precios competitivos.
- Interconectar con mayor direccionalidad las instituciones que participan en los procesos de transferencia de tecnología, de manera que se alcancen visiones compartidas por todos los actores y puedan integralmente abordar el proceso.
- Fortalecer la capacidad existente en las empresas de ingeniería.
- Potenciar a nivel local el desarrollo de servicios técnicos y de mantenimiento.
- Fortalecer los sistemas de educación y concientización ambiental.
- Rescatar la red de laboratorios y polígonos de prueba.

## **10. Análisis de barreras para el sector Zonas Costeras.**

Al analizarse las tecnologías priorizadas dentro del sector zonas costeras resultó que las tecnologías constructivas apropiadas eran las que mayor importancia recibían. Estas corresponden con los escenarios futuros descritos en las comunicaciones nacionales [4, 5] en los que se plantea para el año 2050 se elevará el mar 27 cm aproximadamente, así como el aumento de la intensidad y ocurrencia de eventos hidro-meteorológicos extremos. La mayor afectación de estos eventos influye sobre el fondo habitacional costero del estado y la población, este último es el más afectado ya que representa la mayor parte del país.

Debido a los anteriores argumentos se presenta la necesidad de establecer la *TECNOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS POR ENCIMA DE LA COTA DE INUNDACIÓN*. La tecnología previamente planteada responde a los preceptos de nuestro gobierno de preparar los objetivos humanos, económicos y sociales para la ocurrencia de eventos hidro-meteorológicos extremos. Además, las viviendas situadas en zonas costeras en su mayoría poseen un estado técnico dado por el deterioro y mala calidad de materiales de construcción. A su vez, esta tecnología contribuye a reducir los gastos por conceptos de evacuación y disponibilidad de recursos ante estos eventos, así como por conceptos de recuperación una vez concluido el paso por el país de dichos fenómenos.

Al igual que en los casos de las tecnologías expuestas anteriormente para esta tecnología se realizó el mapeo de mercado correspondiente, para comprender quiénes son los actores en el mercado, qué servicios de apoyo están disponibles según las necesidades para su asimilación y cuál es el entorno habilitante que propicia su transferencia al país. Luego se procedió a la determinación y establecimiento de las barreras que pudieran impedir su transferencia. Una vez realizado el paso anterior se diseñaron las principales medidas que pudieran neutralizar o eliminar las barreras identificadas, de forma individual o interconectada.

Este proceso se realizó en coordinación con la AMA y de forma participativa con los diferentes actores y partes interesadas donde jugó un papel determinante el CECAT y el CIH, ambos pertenecientes al ISPJAE. Esta institución es rectora en el país en las investigaciones relacionadas con esta tecnología.

### **10.1 Metas preliminares para la transferencia y difusión de la “tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.**

La meta principal de esta tecnología consiste en disminuir la vulnerabilidad de las viviendas situadas en regiones costeras o cercanas a estas ante inundaciones por penetraciones del mar y de esta manera:

- Disminuir la vulnerabilidad de las viviendas costeras ante inundaciones por penetraciones del mar.
- Mejorar el estado técnico-constructivo de las viviendas costeras.
- Disminuir las probabilidades de pérdidas humanas y en consecuencia disminuir las pérdidas económicas y sociales.

### **10.2 Descripción general de la “tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.**

Esta tecnología es una tecnología de pequeña escala y de mediano plazo de aplicación que consiste en:

- La construcción de viviendas y muros resistentes a los peligros del cambio climático, es decir penetraciones del mar fuertes vientos y por intensas lluvias.
- La incorporación de experiencias alcanzadas en prototipos para el proceso de fijación de techos, ventanas, entre otros que generalmente son muy vulnerables.

Además, requiere de:

- Equipos para acciones ingenieras en el terreno, obtención de áridos.
- Procedimientos y prácticas existentes en el país, así como de resultados de procesos de investigación y desarrollo tanto nacionales como extranjeros.

Resulta válido aclarar que es una tecnología resultante de un proceso de I+D aprobado por CECAT, CIH y MICONS fundamentalmente, se pretende desarrollar un proyecto demostrativo para la construcción de viviendas que tengan elementos de soporte y resistencia antes las fuerzas destructivas que son generadas por las corrientes de agua y los vientos. Estos elementos resistivos pueden ser muros o contenciones artificiales, así como sujeciones y reforzamientos para puertas, ventanas y techos. De esta forma se pretende reducir las vulnerabilidades de estas estructuras ante los peligros del cambio climático, entre ellos las inundaciones costeras y los huracanes de gran intensidad. Además esta tecnología se considera como un bien no mercantil y está orientada al fondo habitacional del sector poblacional y estatal, principalmente en las regiones de peligros de inundaciones y huracanes de gran intensidad como son los pobladores del poblado Troya en la provincia Granma las costas de las provincias orientales del país por citar ejemplos.

### **10.3 Identificación de las barreras de la “tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.**

Para realizar el proceso de identificación de las barreras se realizó el correspondiente mapeo de mercado donde se identificaron aquellos que favorecen el ambiente de mercado, los que participan en la cadena de mercado y aquellos que proveen los servicios para que sea posible la realización de la correspondiente cadena de mercado tal y como se muestra en el [anexo 3](#). Estas barreras se analizaron y clasificaron de acuerdo a la bibliografía consultada y se elaboraron medidas para eliminarlas.

Teniendo en cuenta el mapeo de mercado realizado para esta tecnología se puede decir que el MICONS es el organismo encargado de la construcción de estas viviendas utilizando para llevar a cabo las acciones a las siguientes empresas y organismos: el CAP, el CAM, la Unidad Municipal Inversionista de la Vivienda (UMIV) y la ECOING. Todos estos esfuerzos van dirigidos hacia el mejoramiento de la estructura habitacional costera del sector estatal y principalmente a los pobladores.

El MICONS debe tener en cuenta los aquellos aspectos que viabilicen o impidan la ejecución de las acciones. Dicho ministerio depende: del MINCEX para la búsqueda de instituciones financieras, del MEP para la inserción en el plan de la economía, y del IPF para la aprobación de las licencias constructivas. Depende además de componentes legislativos como:

- Leyes y regulaciones: Ley 81 de Medio Ambiente, Ley para la Inversión Extranjera, Decreto Ley 212 Gestión de la Zona Costera, Lineamientos de la política económica del país.

Los proveedores de servicios identificados son:

- La Empresa de Acueductos y Alcantarillados.
- La empresa financiera.
- La empresa extranjera suministradora de equipamientos y materiales para la construcción de las viviendas.
- El Ministerio de Energía y Minas: provee los áridos disponibles y los procedentes de las canteras en explotación.
- El Banco de Crédito y Comercio (BCC), por el cobro a los pobladores del usufructo de las viviendas.
- El Ministerio de Educación Superior (MES) con la inclusión del Centro de Investigaciones Hidráulicas y del CECAT, del ISPJAE.

En la [tabla 9](#) se enuncian las barreras encontradas en un total de diez. Una descripción detallada de estas barreras se ofrece a continuación de la tabla.

**Tabla 9. Barreras identificadas para la “tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.**

<b>Barreras económicas y financieras</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falta o acceso inadecuado a recursos financieros.</li> <li>2. Mercado de capital subdesarrollado.</li> <li>3. Capital de riesgo limitado.</li> <li>4. Costo elevado de recursos.</li> </ol>
<b>Fallas o imperfecciones en el mercado</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Adquisiciones difíciles en el mercado (materiales, equipos y servicios de construcción).</li> </ol>
<b>Capacidad institucional y organizativa</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Falta de sensibilización sobre temas relacionados con el cambio climático y eventos extremos.</li> </ol>
<b>Sociales, culturales y de comportamiento</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Falta de aceptación social para la tecnología climática.</li> <li>8. Resistencia al cambio debido a razones culturales.</li> <li>9. Comprensión insuficiente de las necesidades locales de la tecnología.</li> </ol>
<b>Información y sensibilización</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>10. Falta de sensibilización sobre temas relacionados con el cambio climático y eventos extremos.</li> </ol>

### 10.3.1 Barreras económicas y financieras.

La construcción de viviendas, es una prioridad de acuerdo a los lineamientos de la política social y económica del país y se requiere que en los nuevos escenarios de peligros del cambio climático, éstas permitan incrementar la capacidad de resiliencia y la disminución de la exposición de los pobladores ante las inundaciones, fuertes vientos.

Dada la condición de país en vías de desarrollo, el Estado Cubano prioriza los objetivos económicos y sociales que garanticen la calidad de vida de la población. Históricamente la construcción de viviendas y su reparación ha transitado por falta de recursos económicos que han impedido la satisfacción de las necesidades en correspondencia con el crecimiento de la población y esto se ha ponderado por las afectaciones parciales o totales ocurridas al paso de

huracanes y otros eventos meteorológicos extremos. La producción de cemento, áridos y otros insumos necesarios, también han sufrido afectaciones por falta de recursos económicos.

10.3.1.1 Falta o acceso inadecuado a recursos financieros:

La falta de financiamiento que el país tiene para acometer esta tecnología, parte de su condición de país en vías de desarrollo con fuertes restricciones económicas por el bloqueo norteamericano.

10.3.1.2 Mercado de capital subdesarrollado:

En el modelo económico cubano, por lo general los bienes de capital no se compran sino que se transfieren entre instituciones estatales y se registran mediante los mecanismos de contabilidad.

En Cuba la economía se rige por el plan donde se tiene en cuenta el mercado, pero este no es el factor determinante para conducir la economía, sino el plan. Esto es característico de una economía socialista que se controla de forma planificada. Es una barrera porque los recursos para enfrentar las necesidades socioeconómicas son insuficientes.

10.3.1.3 Capital de riesgo limitado:

El hecho de que los recursos financieros estén en función de dar respuesta a las demandas de las necesidades población: alimentación básica, educación y salud en condiciones de país subdesarrollado y bloqueado económicamente, hace que el capital de riesgo para asumir esta tecnología sea muy limitado.

10.3.1.4 Costo elevado de recursos:

Generalmente los recursos están disponibles en mercados a los que el país no puede tener acceso, siendo ésta una condición de borde, es decir, una barrera que no puede ser superada.

**10.3.2 Barreras relacionadas con las fallas o imperfecciones en el mercado.**

10.3.2.1 Adquisiciones difíciles en el mercado (materiales, equipos y servicios de construcción):

Los mercados para la adquisición de materiales pueden fallar debido a que pueden ser amenazados con penalizaciones económicas debido al bloqueo norteamericano a Cuba. Esta es una condición de borde por lo que la adquisición debe ser gestionada por el MINCEX para garantizar un mercado que no pueda ser penalizado económicamente y que pueda comerciar sin restricciones con Cuba. Otra variante es que una parte de los materiales de construcción (áridos fundamentalmente) puedan adquirirse empresas nacionales a partir del procesamiento de áridos de canteras existentes.

**10.3.3 Barreras relacionadas con la capacidad institucional y organizativa.**

10.3.3.1 Falta de sensibilización sobre temas relacionados con el cambio climático y eventos extremos:

Se analizó que los pobladores y tomadores de decisión pueden constituir una barrera para la implementación de la tecnología debido a su posible desconocimiento sobre los temas asociados al cambio climático y las tecnologías para la adaptación.

**10.3.4 Barreras sociales, culturales y de comportamiento.**

Las costumbres, los hábitos, la falta de información y la falta de percepción ante los peligros del cambio climático, entre otros, pueden ser factores que contribuyan a que la tecnología no sea

aceptada y origine rechazo o resistencia al cambio por parte de los pobladores y tomadores de decisión.

10.3.4.1 Falta de aceptación social para la tecnología climática:

El desconocimiento de la necesidad de construir viviendas con determinadas características para disminuir su vulnerabilidad y el nivel de exposición de sus pobladores ante los peligros del cambio climático así como la poca percepción de la población y tomadores de decisión ante los temas relacionados con éste, constituyen elementos básicos que redundan en la falta de aceptación de la tecnología lo cual atenta contra su implementación y posterior sostenibilidad.

10.3.4.2 Resistencia al cambio debido a razones culturales:

El desconocimiento de la necesidad de construir viviendas con determinadas características para disminuir su vulnerabilidad y el nivel de exposición de sus pobladores ante los peligros del cambio climático, las costumbres, así como la poca percepción de la población y tomadores de decisión pueden generar la resistencia a adoptar la tecnología. Esto también puede ocurrir aun cuando se conozcan los beneficios ambientales y sociales que ésta puede tener.

10.3.4.3 Comprensión insuficiente de las necesidades locales de la tecnología:

La falta de información y diseminación de resultados de la identificación y evaluación de los peligros climáticos existentes en la localidad es un elemento que constituye una barrera para la asimilación de la tecnología.

**10.3.5 Barreras de información y sensibilización.**

10.3.5.1 Falta de sensibilización sobre temas relacionados con el cambio climático y eventos extremos:

La falta de diseminación de los peligros del cambio climático, la falta de percepción ante éstos, así como el desconocimiento de estos temas, constituyen barreras para la implementación de la tecnología ya que puede ser rechazada por los tomadores de decisión y los pobladores de la localidad.

**10.4 Medidas propuestas para contrarrestar las barreras identificadas para la “tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.**

Para las diez barreras identificadas se diseñó un paquete de cuatro medidas, las que fueron concertadas por los actores y partes interesadas. Esto se debe principalmente origen común de algunas de estas barreras. La principal ventaja de este paquete de medidas consiste en reducir el número de acciones futuras a acometer.

**10.4.1 Medidas económicas y financieras.**

10.4.1.1 Medida para contrarrestar la falta o acceso inadecuado a recursos financieros nacionales:

1. Al ser éste una condición de borde, es decir, es una barrera que no puede ser superada, es necesario que el MINCEX, busque ese financiamiento en una institución financiera que sea libre de penalización por sus relaciones comerciales y económicas con Cuba.

En el caso de las restantes barreras económicas y financieras halladas: mercado de capital subdesarrollado, capital de riesgo limitado y costo elevado de recursos el grupo de partes interesadas estableció una sola medida capaz de mitigar dichas barreras.

2. Esta consiste en la optimización de los mecanismos de acceso del MINCEX a instituciones libres de penalización por parte del gobierno norteamericano que garanticen el financiamiento y/o créditos necesarios para la adquisición de materiales y equipos necesarios.

10.4.1.2 Medida para contrarrestar las adquisiciones difíciles en el mercado:

3. Mejora de la gestión de equipos, suministros, materiales.

De acuerdo a los criterios de expertos consultados mediante encuentros y talleres se decidió adoptar una medida transversal capaz de mitigar a la vez las barreras relacionadas con la capacidad institucional y organizativa, las barreras sociales, culturales y de comportamiento y las barreras de información y sensibilización.

4. Programación y realización de talleres educativos, utilización de los medios de divulgación para concientizar a las población y a las instituciones nacionales de la necesidad de tomar acciones en relación con el escenario climático planteado, así como barrios-debate sobre la tecnología y sus beneficios para los pobladores.

### **10.5 Entorno habilitante para superar las barreras.**

El rango de condiciones institucionales instituciones regulatorias y políticas que conducen a la promoción, transferencia y difusión de las tecnologías priorizadas se denomina entorno habilitante.

Al analizar el entorno habilitante para la “tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”, se encontró que, aunque existan barreras relacionadas con la actuación de los ministerios (MINCEX, MINSAP, CITMA), las leyes (Ley de Medioambiente y el Decreto Ley 212. Gestión de Zonas Costeras [16]) e instituciones (IPF y la intersectorialidad entre gobierno, instituciones ambientales, empresariales y regulatorias), debido a las prioridades de desarrollo del país estos la principal estos más que dificultades se pueden considerar aliados en el proceso, sin embargo, la principal dificultad radica en los pobladores. Como se observa en el mapa de mercado (Anexos) los pobladores forman parte del entorno habilitante y además son el último eslabón en la cadena de mercado, lo que convierte este elemento en un tema delicado a tratar. Esto se debe a que aunque sean los principales beneficiarios pueden ser los principales opositores debido a los temas asociados a la poca percepción, la falta de información y concientización, además de la frecuente resistencia al cambio.

## **11. Plan de Acción de Tecnología para el Sector Agricultura.**

### **11.1 Acciones para el nivel sectorial.**

#### 11.1.1 Descripción sectorial y metas de difusión.

El sector agrícola es el más sensible a los efectos directos del cambio climático, sus principales afectaciones están asociadas a eventos climatológicos extremos como sequías prolongadas y fuertes inundaciones, el aumento del riesgo de incendios, la erosión creciente de los suelos debido a vientos y lluvias más intensos, diseminación de plagas y enfermedades en los cultivos y, por tanto, impactos en gran medida negativos a la producción agrícola. En nuestro país se le presta gran importancia a los riesgos asociados a la producción agrícola y a la seguridad alimentaria, en particular para las poblaciones más vulnerables, que dependen fuertemente de la agricultura, pero al mismo tiempo que disponen de recursos económicos y tecnológicos limitados para enfrentar estos riesgos.

A fin de responder ante los escenarios climáticos planteados, resulta necesario reducir la vulnerabilidad de los sistemas de producción agrícola a través de tecnologías más eficaces, seguras y dirigidas a la sostenibilidad ambiental, las que a la vez tributen al crecimiento de la producción agrícola y a la seguridad alimentaria de la población.

Cuba ha trazado y desarrollado una serie de metas de difusión. A la vez que convoca a la ejecución de proyectos de I+D+i a través del Sistema de Programas y Proyectos de Ciencia e Innovación.

Para la planificación y ejecución de los programas y proyectos durante el año 2013 y considerando la instrumentación de la Resolución 44/2012 del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) [17] sobre el Sistema de Programas y Proyectos se aprobó un total de siete programas conciliados para ejecutar en el 2013, de los cuales se mencionan a continuación los relacionados con temas de agricultura:

1. Alimento humano; a implementar por el Ministerio de la Agricultura (MINAG).
2. Cambio climático en Cuba: impactos, mitigación y adaptación; a implementar por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

Analizando el Programa Cubano de Enfrentamiento al Cambio Climático [3] se puede comprobar que en este se reflejan las siguientes directivas relacionadas con temas de adaptación para la agricultura:

- Nuestro país debe priorizar la adaptación para ir reduciendo vulnerabilidades a los efectos adversos del cambio climático.
- Constituyen importantes programas que tributan a la adaptación los siguientes:
  - Enfrentamiento a la sequía.
  - Protección contra incendios forestales y rurales.
  - Mejoramiento y Conservación de los Suelos.
  - Ahorro y uso racional del agua.

Las principales tareas del Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático [3] en temas de adaptación para la agricultura son las siguientes:

1. Priorizar y concluir los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo en su primera fase de todo el país, incorporando las dimensiones tecnológicas, sanitarias y sociales con la participación del potencial científico e implementando las recomendaciones en cada Organismo de la Administración Central del Estado (OACEs) y Órgano Local del Poder Popular.
2. Priorizar el Macro-Proyecto “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana, para los años 2050 y 2100” [6] manteniendo la información anual (mapa) de los resultados como alerta temprana para la toma de decisiones.
3. Incorporar la dimensión de la adaptación a los Programas, Planes y Proyectos vinculados a la producción de alimentos y el manejo integral del agua, llegando al nivel municipal.
4. Incorporar a los Planes de Educación Ambiental los temas de la adaptación al Cambio Climático en los diferentes niveles de enseñanza y educación no formal.
5. Actualizar y perfeccionar la legislación vigente sobre el Medio Ambiente, adecuándola a la política y pensamiento de la Revolución Cubana sobre el Cambio Climático y teniendo en cuenta los resultados alcanzados y los estudios que se acometen.

En los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución [2] se establecen las directivas por las que se guiará nuestro modelo económico en temas transversales a los sectores objeto de estudio:

Desde el año 2005 se han venido adoptando diversas medidas entre ellas la de “transformaciones estructurales y en el funcionamiento del sector agropecuario; emisión del Decreto-Ley 300/2012 sobre la entrega de tierras estatales ociosas en usufructo, con el objetivo de elevar la producción de alimentos y reducir su importación”. Igualmente se señala que será necesario “poner en explotación las tierras todavía ociosas y elevar los rendimientos agrícolas” y “buscar alternativas de fuentes de financiamiento para detener el proceso de descapitalización de la industria y la infraestructura productiva del país.”[18].

#### 11.1.2 Barreras a nivel sectorial y acciones propuestas.

En el sector agricultura se identificaron una serie de barreras económicas y financieras dadas por las políticas restrictivas asociadas a bloqueo económico impuesto por el gobierno de los EE.UU, las que afectan directamente la economía de nuestro país, así como la existencia de una dualidad de moneda en Cuba que en ocasiones dificulta y/o impide operaciones económicas dentro del propio país. Esto llevó a tomar una serie de medidas orientadas principalmente a elaborar criterios de viabilidad económica nacional y a la búsqueda de rutas de acceso al mercado internacional que permitan evadir las medidas restrictivas del bloqueo económico. Esto ha provocado que el mercado nacional cubano se haya desarrollado de forma deficiente, lo que dificulta en ocasiones el acceso a tecnologías nacionales e internacionales. Sin embargo, se han implementado acciones dirigidas a la producción nacional y a estimular el crecimiento de los suministradores de equipos y tecnologías.

En este sector también existen barreras, principalmente regulatorias, que no contemplan de manera suficiente los incentivos para el crecimiento del sector, así como barreras legales asociadas a normas jurídicas complejas y que influyen en la conexión de los actores claves. Hay acciones que se orientan al fortalecimiento de las sinergias entre estos actores mediante la propuesta de modificación del marco legal y regulatorio.

Debido a la capacidad institucional débilmente instalada existen barreras técnicas que afectan al sector. Si adicionamos, que las vías de información no se encuentran fuertemente estructuradas se tendrá como resultado que los canales de oferta y demanda entre el productor y la tecnología están debilitados. Esto justifica la creación de mecanismos de formación y fortalecimiento de instituciones técnicas, así como los sistemas de extensión agrarias.

Se deduce entonces la necesidad de crear un plan de acción orientado a la tecnología seleccionada para que se logre la transferencia de ésta.

## **11.2 Plan de Acción para la tecnología “Manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.**

### 11.2.1 Descripción de la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.

En el sector agricultura se identificaron las principales tecnologías mediante talleres con expertos en el tema y, realizando el Análisis de Decisión de Criterios Múltiples (ADCM por sus siglas en inglés) basado en la metodología de la Evaluación de Necesidades Tecnológicas [10]. Posteriormente, utilizando la metodología antes mencionada y tomando en cuenta las prioridades nacionales se introdujeron cambios relacionados con las necesidades del país, se identificó la tecnología que mayor peso e interés representaba para las políticas de desarrollo de Cuba, resultando ser la de mayor impacto positivo sobre los escenarios climáticos establecidos, siendo la de mayor puntuación en la escala de priorización. La tecnología priorizada para el sector agricultura es “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”. Esta tecnología constituye un paquete tecnológico compuesto por:

- El uso del riego intermitente o por pulsos para los sistemas de riego superficial a pequeña y mediana escala.
- La aplicación de tecnologías para la automatización de la medición y el control del uso del agua en sistemas de producción de arroz a mediana y gran escala.
- La introducción de tecnologías más modernas y de mayor efectividad y productividad en la nivelación y/o alisamiento del suelo, la reparación y mantenimiento de los canales y en los sistemas de medición y control del uso del agua de riego.

La tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz” se puede considerar como un bien de mercado, específicamente un bien de capital. Esta tecnología es aplicable a corto plazo y es de gran escala debido a su alcance nacional y sectorial. Realizando un breve análisis se puede decir que esta tecnología está orientada no solo a las empresas estatales de producción de arroz, sino a estimular y mejorar la producción de este producto en sectores no estatales, ya sean cooperativas y/o pequeños productores. Resulta válido aclarar que esta tecnología se encuentra en etapa de difusión, lo que corrobora el hecho de que sea aplicable a corto plazo.

La tecnología responde al Programa Cubano de Enfrentamiento al Cambio Climático [3] debido a que los principales polos arroceros del país (Los Palacios, Sur del Jíbaro y Vado del Yeso) se encuentran amenazados por los peligros potenciales reflejados en los escenarios climáticos presentes y futuros establecidos, entre estos se citan las sequías intensas e inundaciones. En el caso de los Palacios (occidente del país) hay peligro por inundaciones debido a la cercanía de un embalse, el cual puede ser afectado por fuertes lluvias, en Sur del Jíbaro (centro del país) existen peligros actuales de intrusiones salinas e inundaciones costeras, y en Vado del Yeso (oriente del país) hay peligros de inundaciones asociadas a la existencia del río Cauto (fluente más extenso de Cuba) y sus 20 embalses asociados.

De forma general esta tecnología se encuentra representada tanto en las principales tareas del Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático en temas de adaptación para la agricultura, como en los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución.

#### 11.2.2 Meta para la transferencia de la tecnología y su difusión.

Constituye una meta la aplicación de sistemas de riego más eficientes y efectivos en las actuales áreas dedicadas al cultivo de arroz y en las nuevas 40 000 ha. proyectadas nacionalmente para contribuir al incremento de los rendimientos agrícolas en el período 2012-2016. Esto debe garantizar la reducción gradual de las importaciones de arroz.

Lo anterior se corresponde con los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución [2] en especial el referido a “reorganizar las actividades de riego, drenaje y los servicios de maquinaria agrícola para lograr un uso racional del agua”. Por otra parte, puede ser una de las posibles soluciones a los nuevos escenarios para la adaptación al cambio climático. Estos escenarios pueden identificar la falta de disponibilidad progresiva del agua para regadío y la pérdida de áreas hoy cultivables por peligros de inundaciones.

#### 11.2.3 Barreras para la difusión de la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.

Las barreras establecidas fueron revisadas y aprobadas por el grupo de expertos mediante la realización de talleres, tal y como se desarrolló en el capítulo 8:

##### **Barreras económicas y financieras:**

1. Criterios de viabilidad económica financiera de las inversiones para la transferencia de tecnología pocos desarrollados en el sector agrícola.
2. Costos de transacción elevados.

##### **Barreras relacionadas con los fallos e imperfecciones en el mercado:**

3. Infraestructura de mercado deficiente.
4. Acceso restringido a la tecnología.

##### **Barreras políticas legales y reguladoras:**

5. Marco legal y normativo incompleto para todos los procesos de transferencia de tecnologías a nivel nacional.
6. Insuficientes los incentivos jurídicos desarrollados e implementados, dirigidos al uso más racional de los recursos para la producción sostenible de arroz.

##### **Barreras relacionadas con los Fallos en la red:**

7. Débil conexión entre actores que favorecen la nueva tecnología.
8. Insuficiente sinergias entre diferentes formas de producción (estatal, cooperativista, privado).

##### **Barreras relacionadas con las capacidades institucionales y organizativas:**

9. Insuficiente capacidad institucional para realizar los estudios para la transferencia de la tecnología.

10. Limitada capacidad a nivel productivo para formular las demandas que le permitan resolver sus principales problemas.

**Barreras relacionadas con las aptitudes humanas:**

11. No está adecuadamente desarrollados los procedimientos para la capacitación técnica a nivel local.
12. Es aún insuficiente o está poco desarrollado el sistema estructurado de extensión agraria.
13. Falta de especialistas en servicio y mantenimiento que garanticen las acciones locales.

**Barreras relacionadas con la información y sensibilización:**

14. Flujo de información insuficiente.
15. Limitada sensibilización en los productores sobre temas relacionados con el cambio climático y las soluciones tecnológicas.

**Barreras técnicas:**

16. La red de laboratorios y polígonos de prueba para evaluar las tecnologías adquiridas se ha debilitado.

11.2.4 Plan de acción propuesto para la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.

Tanto las medidas para crear el marco propicio para la superación de las barreras como para acelerar la difusión y transferencia de la tecnología se han agrupado para constituir el plan de acción tecnológico para el “Manejo del agua en sistemas de producción de arroz”, el cual se aprecia en la [tabla 10](#). En el [anexo 1](#) se encuentra la explicación detallada del plan de acción para esta tecnología.

**Tabla 1. Plan de acción propuesto para la tecnología “Manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.**

<b>Económicas y financieras</b>	
<b>A1</b>	Elaborar y ajustar criterios de viabilidad para la aprobación de las transferencias de tecnología según las especificidades de las inversiones en el sector agrícola.
<b>A2</b>	Revisar y actualizar los procedimientos para las evaluaciones de inversiones asociadas a transferencia y adquisición de tecnología.
<b>Fallos/imperfecciones en el mercado</b>	
<b>A3</b>	Elaborar y proponer vías para diversificar los canales de distribución
<b>A4</b>	Producir nacionalmente equipos, componentes y piezas de repuesto.
<b>Políticas, legales y reguladoras</b>	
<b>A5</b>	Elaborar y adaptar leyes, procedimientos y regulaciones para la transferencia de tecnologías.

<b>A6</b>	Establecer incentivos dirigidos a estimular el uso más racional de los recursos y a la aplicación de buenas prácticas de producción.
<b>Fallos en la red</b>	
<b>A7</b>	Establecer mecanismos para exigir que los resultados del sector científico, tecnológico y educativo se vinculen al productivo.
<b>A8</b>	Fortalecer y desarrollar el sistema de extensión agraria en el MINAG con énfasis en la producción de arroz.
<b>A9</b>	Establecer el marco legal que viabilice alianzas entre los productores estatales, cooperativistas y privados.
<b>Capacidad institucional y organizativa</b>	
<b>A10</b>	Establecer contratos y acuerdos de cooperación para servicios científicos-técnicos y de capacitación entre instituciones que participan en los procesos de transferencia de tecnología.
<b>Aptitudes humanas</b>	
<b>A11</b>	Captación de graduados universitarios y de técnicos medios en carreras identificadas afines.
<b>A12</b>	Implementar el sistema de extensión agraria y grupos especializados para brindar servicios técnicos y de mantenimiento de la tecnología.
<b>Información y sensibilización</b>	
<b>A13</b>	Establecer diferentes mecanismos de acceso a la información tecnológica y comercial requerida.
<b>A14</b>	Desarrollar programas de educación y concientización ambiental insertando el factor tecnológico y rol de la tecnología.
<b>Técnicas</b>	
<b>A15</b>	Rescatar y modernizar la red de laboratorios y polígonos de prueba para evaluar y certificar las tecnologías.

## **12. Plan de Acción de Tecnología para el Sector Recursos Hídricos**

### **12.1 Acciones para el nivel sectorial.**

#### 12.1.1 Descripción sectorial y metas de difusión.

El sector hídrico es fundamental para el desarrollo económico y social de Cuba. El potencial hídrico del país asciende a 38 139 km<sup>3</sup> al año, de ellos 31 683 km<sup>3</sup> corresponden al escurrimiento superficial y 6 456 km<sup>3</sup> a las aguas subterráneas. De este potencial son utilizables 23 988 km<sup>3</sup>, 68% corresponde a aguas reguladas (242 presas y 900 micropresas), 6.2% a aguas no reguladas y 25.2% a las aguas subterráneas. Existen 11 estaciones de bombeo, 800 km de canales magistrales, 1 287 km de diques de protección contra inundaciones y 211 mini y micro centrales hidroeléctricas [19].

La lluvia es la única fuente de agua que existe en Cuba y su magnitud es relativamente baja, siendo la lámina media anual de 1 335 mm, constituyendo ésta la causa por la cual los recursos hídricos se encuentran limitados. Un problema crítico para el escurrimiento de las precipitaciones corresponde a los sistemas de drenajes, esencialmente los urbanos y otras zonas críticas proclives a inundaciones. Por otra parte, la calidad de las fuentes de aguas se ve afectada por la permanencia de focos contaminantes; su disponibilidad y aprovechamiento es también insuficiente por el estado técnico y la inadecuada operación de la infraestructura para el aprovechamiento hidráulico. La cobertura de la población con acceso a los sistemas de saneamiento es de 48.3 % en el sector urbano y 9,2 % en el rural. Unas 400 mil personas utilizan formas no sanitarias. Donde existe alcantarillado, el volumen tratado es solo del 32% a través de lagunas de estabilización en mal estado técnico [20]. Actualmente, las tecnologías existentes en el sector hídrico son obsoletas en su mayoría, inclusive hay muchas que datan de las décadas 70 y 80 del siglo pasado.

Entre los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución [2] aparecen los relacionados con la política hidráulica, considerándose como prioritarias las acciones requeridas para que el programa hidráulico tenga un desarrollo en ascenso, “con inversiones de largo alcance para enfrentar mucho más eficazmente los problemas de la sequía y del uso racional del agua”. También se plantea la “priorización y ampliación de las acciones de rehabilitación de redes, acueductos y alcantarillados, con el objetivo de disminuir las pérdidas de agua en el mediano plazo”. En lo referente al balance del agua se expresa que “constituirá el instrumento de planificación mediante el cual se mida la eficiencia en el consumo estatal y privado”, propiciando el estudio ulterior del “reordenamiento de las tarifas del servicio, incluyendo alcantarillado, con el objetivo de la disminución gradual del subsidio; así como reducir paulatinamente el derroche en su uso”.

Existen otros documentos dentro del sistema normativo del país donde es reconocido el papel fundamental del agua para el desarrollo de la sociedad, estos son:

- La Constitución de la República [2], que establece el carácter soberano de su acción sobre el medio ambiente y los recursos naturales, y reconoce que las aguas son propiedad estatal socialista.
- La Ley 1049 promulgada en 1962 [21] que creó el INRH, responsabilizado en dirigir, ejecutar y controlar la aplicación de la política del Estado y el Gobierno en el sector agua.

- La Ley 81 de Medio Ambiente promulgada en 1997 [22], que caracteriza el protagonismo del INRH como institución controladora de las acciones dirigidas a la gestión de las aguas terrestres.
- El Decreto Ley 138 de las Aguas Terrestres de 1993 [23], que complementa, desarrolla y precisa los preceptos que aparecen en las leyes anteriores. Va dirigido, entre otros propósitos, a lograr un aprovechamiento y uso racional de las aguas terrestres y hacer sostenibles los servicios de abastecimiento y preservación del agua. Este Decreto Ley precisa las facultades, obligaciones y funciones del INRH.
- El Decreto Ley 114 de 1989 [24], que reasume al INRH como un Órgano de la Administración Central del Estado con el fin de perfeccionar, potenciar y jerarquizar la rectoría de los recursos hidráulicos en el país y hacer cumplir la política del Estado y Gobierno cubanos relacionada con los recursos hidráulicos.

La Política Nacional del Agua (2012) [20], en correspondencia con los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución, se establecen las siguientes prioridades:

1. El uso racional y productivo del agua disponible.
2. El uso eficiente de la infraestructura construida.
3. La gestión de riesgos asociados a la calidad del agua.
4. La gestión de riesgos asociados a eventos extremos del clima.

En el Programa Cubano de Enfrentamiento al Cambio Climático [3] y en el primer informe de país del INRH (2007) [25], se da prioridad a la gestión eficiente del agua y se identifican distintas áreas de acciones, entre ellas se citan las siguientes: desarrollo e implementación de metodologías e instrumentos para la evaluación; mejoramiento de las observaciones del comportamiento de las variables hidrológicas y climáticas, así como de su procesamiento, acceso, intercambio y manejo; planeamiento de medidas de adaptación y empleo de prácticas exitosas; introducción de tecnologías para la adaptación; investigaciones.

En el segundo informe de país del INRH (2008) [26] se plantea que la estrategia de adaptación de Cuba deberá garantizar: el uso racional y la protección de los recursos hídricos; la introducción de prácticas adecuadas para el tratamiento de las aguas residuales a las corrientes superficiales; la reutilización de las aguas residuales tratadas en actividades compatibles; el aumento y diversificación de la disponibilidad del recurso; la elevación de la calidad de las fuentes superficiales y subterráneas; la renovación y elevación de la eficiencia de los sistemas tecnológicos y de gestión de mantenimiento de las infraestructuras hidráulicas.

Las medidas planteadas en el Programa Cubano de Enfrentamiento al Cambio Climático [3] y en el primer informe de país del INRH (2007) [25] se ejecutan actualmente por parte del sistema INRH. Las mismas conforman un paquete de acciones encaminadas a lograr la introducción paulatina de soluciones a los problemas actuales y futuros asociados al cambio climático.

A continuación, una explicación resumida de estas medidas:

- **Desarrollo e implementación de metodologías e instrumentos para la evaluación.**

El desarrollo de las metodologías e instrumentos, se llevan a cabo mediante la evaluación sistemática de los recursos hidráulicos disponibles en la actualidad, basado en los nuevos estudios relacionados con el régimen de precipitaciones en Cuba, la evaluación periódica de los volúmenes útiles de los embalses cubanos mediante estudios batimétricos, las nuevas

estimaciones de los recursos disponibles en los acuíferos subterráneos, el empleo de los resultados de las redes de observación del ciclo hidrológico y los incrementos en la reutilización de las aguas residuales tratadas.

- **Mejoramiento de las observaciones del comportamiento de las variables hidrológicas y climáticas.**

Esta medida se ejecuta a través de acciones de capacitación, difusión, empleo de nuevos procedimientos, talleres técnicos, entre otros relacionados con la modernización y el fortalecimiento del sistema de observación basado en los componentes cualitativos y cuantitativos del ciclo hidrológico.

- **Planeamiento de medidas de adaptación y empleo de prácticas exitosas.**

Las acciones se implementan a través del enfoque ecosistémico en la gestión integrada del recurso agua, tomando como unidad básica de gestión, la cuenca hidrográfica. De igual forma, mediante la reducción paulatina de la carga contaminante que se dispone en los cuerpos receptores superficiales y subterráneos por medio de la construcción de sistemas de tratamiento y la reutilización de las aguas residuales tratadas. Otras acciones comprenden el fortalecimiento del sistema de gestión vinculado con la política de inspección estatal de los recursos hidráulicos, y la introducción de tecnologías apropiadas.

- **Introducción de tecnologías para la adaptación.**

La introducción de tecnologías se lleva a cabo a través de nuevas inversiones destinadas a la renovación y rehabilitación de las redes hidráulicas, la disminución de las pérdidas de agua en redes, conductoras de acueducto, canales y equivalentes. En adición a esto, se eleva la eficiencia en el mantenimiento de la infraestructura hidráulica creada y en la administración del agua para los diferentes usos.

- **Investigaciones.**

Algunos de los estudios se realizan a través de proyectos de ciencia e innovación tecnológica en cuencas y otros ecosistemas vulnerables. Para estos se tienen en cuenta los impactos que se producirán debido a los efectos del cambio climático, como posibles resultados, se introducen modificaciones necesarias en los proyectos de obras hidráulicas.

#### 12.1.2 Barreras a nivel sectorial y acciones propuestas.

Una de las principales barreras en el sector hídrico es el limitado acceso a fuentes de financiamiento internacional para nuevas inversiones, como créditos bancarios y ayudas de organismos internacionales, lo que impide a su vez lograr la transferencia y difusión de las tecnologías en la magnitud requerida. A lo anterior se le suman las restricciones asociadas al bloqueo económico impuesto por el gobierno de EE. UU contra Cuba, que reducen las opciones disponibles y que limitan a los suministradores, tanto de tecnologías, como de piezas de repuesto. Dichas barreras pueden minimizarse a través de la identificación de fuentes de financiamiento con créditos blandos y tasas de interés bajas, simplificando al máximo los procedimientos establecidos para estas inversiones, creando sistemas de bases de datos sobre proveedores y sus características que faciliten el proceso de identificación de los mismos. Se pueden producir en el país componentes que sustituyan las importaciones de equipos y piezas de repuesto, a través de acuerdos comerciales y la creación de empresas mixtas.

Existen barreras relacionadas con la capacidad institucional y organizativa, como el deterioro de la infraestructura en las empresas de ingeniería y centros de investigación del sector, a lo que se suma la inestabilidad y/o envejecimiento del personal técnico capacitado. Del mismo modo existe una gran escasez de instalaciones para pruebas y certificación, lo que afecta la calidad necesaria en los resultados obtenidos por los equipos hidrométricos, es por esto que se deben fortalecer los servicios técnicos y de mantenimiento para la tecnología a nivel local, a través de grupos especializados creados por el INRH, así como incentivar a los trabajadores.

El personal existente para ejecutar las medidas que aseguran la operación de los pozos según sus parámetros técnicos de explotación, clasifica como una barrera adicional a lo explicado anteriormente, donde en muchos casos el personal no está identificado y motivado, es por ello que se debe realizar también procesos de captación y capacitación adecuada.

### **12.2 Plan de acción para la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.**

#### **12.2.1 Descripción de la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.**

Esta tecnología cubre la perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para la extracción de agua o la recarga del manto subterráneo, la cual responde a la línea de desarrollo del país asociada al programa hidráulico. La misma tiene como objetivo lograr mayor disponibilidad de agua y por tanto, reducir los impactos adversos a la población y a la producción de alimento por estrés hídrico. Se puede considerar como un bien de mercado, específicamente un bien de capital. Tiene un alcance de corto plazo, el cual se extenderá por período de cinco años, se aplicará a gran escala debido a su alcance nacional y sectorial y se encuentra en etapa de despliegue.

La tecnología constituye un paquete tecnológico compuesto por:

- Equipo de alta eficiencia y productividad para la perforación de pozos poco profundos (hasta 100m).
- Equipamiento para verificar “in situ” los volúmenes estimados de extracción de agua y determinar su calidad.
- Sistema computarizado para establecer los regímenes de explotación, ya sea extracción o recarga según el objetivo del pozo.

Para su selección y priorización, se realizaron distintos talleres nacionales y sectoriales. En este proceso se consultaron expertos del INRH, y se tuvieron en cuenta resultados de estudios anteriores.

#### **12.2.2 Meta para la transferencia y difusión de la tecnología.**

La meta principal es garantizar una alta eficiencia en los procesos de perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos. Esto proporcionará la recarga del manto freático en períodos de grandes precipitaciones o mediante el empleo de aguas debidamente tratadas, y reducirá el déficit de agua en períodos donde el régimen de lluvia no garantice el suministro del recurso a partir de las fuentes superficiales.

### 12.2.3 Barreras para la difusión de la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.

Las barreras establecidas al igual que para el sector agricultura fueron revisadas y aprobadas por el grupo de expertos en la realización de talleres, las barreras establecidas para esta tecnología conciliadas en el capítulo 9 se muestran a continuación:

#### **Barreras económicas y financieras**

1. Falta o acceso inadecuado a recursos financieros.
2. Costos de transacción elevados.

#### **Fallos/ imperfecciones en el mercado.**

3. Acceso restringido a la tecnología.

#### **Fallos en la red.**

4. Insuficiente conexión entre actores que favorecen la nueva tecnología.

#### **Capacidad institucional y organizativa.**

5. Limitada capacidad científica y tecnológica para el sector hídrico.

#### **Aptitudes humanas.**

6. Bajo completamiento del personal del sistema de inspección estatal de los recursos hídricos.
7. Falta de especialistas en servicio técnico y mantenimiento.

#### **Información y sensibilización.**

8. Limitada sensibilización de todos los actores sobre temas relacionados con el cambio climático y los impactos esperados por la implementación de la tecnología.

#### **Técnicas**

9. Se carece de instalaciones para pruebas y certificación.

### 12.2.4 Plan de acción propuesto para la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.

El plan de acción para esta tecnología se muestra en la [tabla 11](#). En [el anexo 2 se encuentra](#) una explicación más detallada de dicho plan.

**Tabla 2. Plan de Acción propuesto para la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.**

<b>Económicas y financieras</b>	
<b>A1</b>	Identificar las fuentes financieras y buscar créditos blandos.
<b>A2</b>	Crear sistemas de bases de datos para identificar proveedores.
<b>A3</b>	Modificar procedimientos y regulaciones para la inversión.

<b>Fallos/imperfecciones en el mercado</b>	
<b>A4</b>	Producción nacional de componentes de la tecnología.
<b>Fallos en la red</b>	
<b>A5</b>	Establecer mecanismos de dirección que potencien la interconexión de instituciones dentro del INRH.
<b>A6</b>	Establecer la certificación del grupo empresarial que evalúa el recurso agua antes de iniciar la ejecución de la perforación de los pozos.
<b>A7</b>	Establecer mecanismos de dirección que potencien la interconexión de instituciones del INRH con otros actores clave y beneficiarios.
<b>Capacidad institucional y organizativa</b>	
<b>A8</b>	Establecer contratos y acuerdos de cooperación para servicios científicos técnicos y la capacitación entre INRH, las Universidades y centros de investigación.
<b>A9</b>	Promover la entrada e incentivar la permanencia de graduados universitarios y de técnicos medios en carreras identificadas afines.
<b>A10</b>	Modificar los planes de estudio de las carreras a fines.
<b>Aptitudes humanas</b>	
<b>A11</b>	Establecer un programa para lograr el completamiento del personal (motivado y capacitado) para la evaluación del recurso hídrico.
<b>A12</b>	Creación de empresas de servicios técnicos y de mantenimiento especializado.
<b>Información y sensibilización</b>	
<b>A13</b>	Fortalecer y ampliar el alcance y contenido de los programas de educación y concientización, entre ellos el del “Programa de Ahorro y Uso Racional del Agua” (PAURA).
<b>Técnicas</b>	
<b>A14</b>	Elaborar proyecto y buscar financiamiento para modernizar la capacidad de evaluación del recurso agua.
<b>A15</b>	Restablecer el sistema metrológico.

### **13. Plan de Acción de Tecnología para el Sector Zonas Costeras**

#### **13.1 Acciones para el nivel sectorial.**

##### 13.1.1 Descripción sectorial y metas de difusión.

El archipiélago cubano, formado por la isla de Cuba y numerosos cayos, es largo y estrecho. En sus zonas costeras están ubicados la capital del país y capitales de provincia así como otros asentamientos poblacionales en los que se desarrollan actividades portuarias, turísticas, pesqueras e industriales, todas de gran importancia para el desarrollo social y económico del país. Desde el punto de vista ambiental se destacan en este sector los servicios ambientales de sus ecosistemas de manglar y arrecifes coralinos y constituyen barreras protectoras de las zonas costeras.

Los resultados de procesos de I+D integrados en el Macro-Proyecto “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana, para los años 2050 y 2100” [6] y los estudios de peligro vulnerabilidad y riesgos por inundaciones costeras que coordina la AMA, señalan que algunas zonas costeras de las provincias orientales del país tienen un alto riesgo de inundación por fenómenos hidro-meteorológicos extremos. A partir de estos estudios, se han identificado poblaciones amenazadas por las inundaciones y por otros peligros del cambio climático como son los fuertes vientos y las intensas lluvias. También se identificaron vulnerabilidades en las viviendas de las poblaciones de esta zona debido a sus tipologías formadas por materiales frágiles y poco resistentes.

Al igual que en puntos anteriores, para la planificación y ejecución de los programas y proyectos durante el año 2013 y considerando la instrumentación de la Resolución 44/2012 del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente CITMA sobre el Sistema de Programas y Proyectos [17] se aprobaron los siguientes programas conciliados para ejecutar en el 2013:

1. Desarrollo y asimilación de nuevos materiales de construcción y de las tecnologías de producción; a implementar por el Ministerio de la Construcción (MICONS).
2. Cambio climático en Cuba: impactos, mitigación y adaptación; a implementar por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

Al analizar el Programa Cubano de Enfrentamiento al Cambio Climático [3] se puede comprobar que en este se establecen tareas principales relacionadas con temas de adaptación para las zonas costeras:

1. Conformar una Red Ambiental de Monitoreo sobre el estado y calidad de las zonas costeras, que permita su evaluación sistemática para la toma de decisiones.
2. Incorporar la dimensión de la adaptación a los Programas, Planes y Proyectos vinculados a: la producción de alimentos (incluye sanidad vegetal y animal), manejo integral del agua, ordenamiento territorial de la zona costera e higiene y epidemiología.

Los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución [2] reflejan la necesidad de tomar medidas con vistas a la adaptación al cambio climático en todos los sectores de la sociedad. También reflejan la necesidad de mejorar la calidad de vida de la población a partir de la construcción de viviendas.

A partir del proceso TNA, se seleccionó la tecnología para la “construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”. Para ello se tomaron como base los resultados de procesos de

I+D desarrollados por el CIH y el CECAT y se integraron estos conocimientos para concretar y priorizar la tecnología propuesta a modo de proyecto demostrativo en el municipio Manzanillo, en la provincia Granma [23].

Las principales metas del sector consisten en disminuir la vulnerabilidad de las zonas costeras ante las inundaciones y la elevación del nivel del mar previsto para los años 2050-2100.

### 13.1.2 Barreras a nivel sectorial y acciones propuestas.

A partir del proceso TNA se identificaron como principales barreras la falta de recursos financieros, mercado de capital subdesarrollado, capital de riesgo limitado y costo elevado de recursos. Otras barreras identificadas fueron: la falta de sensibilización sobre temas relacionados con el cambio climático y eventos extremos, la falta de aceptación social para la tecnología climática, la resistencia al cambio debido a razones culturales, la insuficiente comprensión de las necesidades locales de la tecnología y la falta de sensibilización sobre temas relacionados con el cambio climático y eventos extremos.

El bloqueo económico de Estados Unidos contra Cuba, fue otra barrera identificada para la adquisición de materiales de construcción y equipamiento para extracción de áridos en Cuba; no obstante se plantearon medidas para eliminar esta barrera de borde.

Entre las medidas planteadas para la eliminación de las barreras se encuentra la búsqueda por parte del MINCEX de una institución financiera que no tenga vínculos comerciales con Estados Unidos. Este ministerio debe buscar instituciones con estas características con vistas al financiamiento y/o créditos necesarios para la adquisición de materiales y equipamiento.

Otras medidas planteadas son la programación y realización de talleres educativos, utilización de los medios de divulgación para concientizar a la población y a las instituciones nacionales de la necesidad de tomar acciones con relación al escenario climático planteado, así como barrios-debate sobre la tecnología y sus beneficios para los pobladores

## **13.2 Plan de Acción para la tecnología “Construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.**

### 13.2.1 Descripción de la tecnología “construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.

Esta tecnología es de pequeña escala, de mediano plazo de aplicación y consiste en:

- La construcción de viviendas y muros resistentes a los peligros del cambio climático, es decir penetraciones del mar fuertes vientos y por intensas lluvias.
- La incorporación de experiencias alcanzadas en prototipos para el proceso de fijación de techos, ventanas, entre otros que generalmente son muy vulnerables.

Además, requiere de:

- Equipos para acciones ingenieras en el terreno, obtención de áridos.
- Procedimientos y prácticas existentes en el país, así como de resultados de procesos de investigación y desarrollo tanto nacionales como extranjeros.

La tecnología es un resultado de un proceso de I+D aprobado por CECAT, CIH y MICONS fundamentalmente, se pretende desarrollar un proyecto demostrativo para la construcción de viviendas que tengan elementos de soporte y resistencia antes las fuerzas destructivas que son

generadas por las corrientes de agua y los vientos. Estos elementos resistivos pueden ser muros o contenciones artificiales, así como sujeciones y reforzamientos para puertas, ventanas y techos. De esta forma se pretende reducir las vulnerabilidades de las estructuras ante los peligros del cambio climático, entre ellos las inundaciones costeras y los huracanes de gran intensidad. Además, esta tecnología se considera como un bien no mercantil y está orientada al fondo habitacional del sector poblacional y estatal.

### 13.2.2 Meta para la transferencia de la tecnología y su difusión.

La meta principal de esta tecnología consiste en disminuir la vulnerabilidad de las viviendas situadas en regiones costeras o cercanas a estas ante inundaciones por penetraciones del mar y de esta manera:

- Disminuir la vulnerabilidad de las viviendas costeras ante inundaciones por penetraciones del mar.
- Mejorar el estado técnico-constructivo de las viviendas costeras.

Disminuir las probabilidades de pérdidas humanas y en consecuencia disminuir las pérdidas económicas y sociales.

### 13.2.3 Barreras para la difusión de la tecnología “construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.

#### **Barreras económicas y financieras**

1. Falta o acceso inadecuado a recursos financieros.
2. Mercado de capital subdesarrollado.
3. Capital de riesgo limitado.
4. Costo elevado de recursos.

#### **Fallas o imperfecciones en el mercado**

5. Adquisiciones difíciles en el mercado (materiales, equipos y servicios de construcción).

#### **Capacidad institucional y organizativa**

6. Falta de sensibilización sobre temas relacionados con el cambio climático y eventos extremos.

#### **Sociales, culturales y de comportamiento.**

7. Falta de aceptación social para la tecnología climática.
8. Resistencia al cambio debido a razones culturales.
9. Comprensión insuficiente de las necesidades locales de la tecnología.

#### **Información y sensibilización.**

Falta de sensibilización sobre temas relacionados con el cambio climático y eventos extremos.

### 13.2.4 Plan de acción propuesto para la tecnología “construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.

El grupo multidisciplinario del sector Zonas Costeras analizó las barreras existentes y a partir del consenso de todos sus integrantes, elaboró el plan de acción, el cual se muestra en la [tabla 12](#). En el [anexo 3](#) se halla la explicación detallada del plan de acción para esta tecnología.

**Tabla 3. Plan de acción propuesto para la tecnología “construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.**

<b>Económicas y financieras</b>	
<b>A1</b>	Búsqueda de institución financiera para el financiamiento y/o créditos adquisición de materiales y equipamiento para procesamiento de áridos.
<b>Capacidad institucional y organizativa</b>	
<b>A2</b>	Programación y realización de talleres educativos sobre los beneficios de la tecnología.
<b>A3</b>	Programas divulgativos en los diferentes medios de difusión masiva sobre los beneficios de la tecnología.
<b>A4</b>	Barrios-debates.

**13.3 Temas transversales en los Planes de Acción Tecnológica de cada sector.**

Luego de realizar los análisis correspondientes a los sectores (Agricultura, Recursos Hídricos y Zonas Costeras) se identificaron temas transversales que se corresponden con barreras que impiden la transferencia y difusión de las tecnologías, con acciones para sortear dichas barreras y con temas normativos. A continuación se muestran:

**Normativos:**

- Programa Cubano de Enfrentamiento al Cambio Climático.
- Principales tareas del Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático.
  - Incorporar la dimensión de la adaptación a los Programas, Planes y Proyectos vinculados a: la producción de alimentos (incluye sanidad vegetal y animal), manejo integral del agua, ordenamiento territorial de la zona costera e higiene y epidemiología.
- Ley 81/1997 de Medio Ambiente.
- Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución.
- Macro-Proyecto “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana, para los años 2050 y 2100”.
- Resolución 44/2012 del CITMA sobre el Sistema de Programas y Proyectos.
  - Cambio climático en Cuba: impactos, mitigación y adaptación; a implementar por el CITMA.
- Panel Intergubernamental para el Cambio Climático.
- Directiva No 1 del Vice-Presidente del consejo de Defensa Nacional 2005.
  - Estudios sobre Peligros, Vulnerabilidades y Riesgos de origen natural, tecnológico y sanitario.

**Barreras.**

La principal barrera que afecta a los sectores agricultura, recursos hídricos y zonas costeras es la relacionada con las políticas restrictivas asociadas al bloqueo económico, financiero y comercial impuesto por el gobierno de los EE.UU a nuestro país. Los temas de barreras económicas y financieras, específicamente los relacionados con los costos de transacción elevados, eran transversales para estos sectores. Así como aquellos relacionados con las fallas e imperfecciones en el mercado, debido al acceso restringido a la tecnología. En los sectores se identificaron además barreras relacionadas con las capacidades institucionales, organizativas y aquellas relativas a la información y sensibilización sobre temas afines al cambio climático y las soluciones tecnológicas.

**Acciones.**

Los tres sectores fueron coherentes en identificar acciones económicas y financieras dirigidas a sortear las medidas referentes a las políticas restrictivas asociadas al bloqueo económico, financiero y comercial impuesto por el gobierno de los EE.UU a nuestro país. Las acciones relacionadas con la capacidad institucional y organizativa fueron transversales en los planes de acción de las tecnologías analizadas.

## **14 Idea de Proyecto para el Sector Agricultura.**

### **14.1 Breve resumen del sector.**

El sector agrícola representa una importancia estratégica en el objetivo de reducir la vulnerabilidad alimentaria en el país. En la actualidad los rendimientos agrícolas en algunos de los cultivos más importantes, están por debajo de los niveles alcanzados por la mayoría de los países de la región. Entre los cultivos más relevantes para la base alimentaria de nuestro país figura el arroz, siendo este el de mayor consumo por parte de la población cubana (per cápita anual de 70 kg aproximadamente). Al mismo tiempo, mediante la evaluación de las principales vulnerabilidades ante el cambio climático en la agricultura, se pronostica una menor disponibilidad de agua para cultivos y animales.

Por tanto, aunque los escenarios indican que el arroz continuará teniendo rendimientos potenciales que pueden considerarse aceptables, la falta de disponibilidad progresiva del agua para regadío conllevará a la reducción de áreas plantadas consideradas como óptimas en la actualidad. Los estudios asociados a dichos rendimientos, demuestran un decrecimiento progresivo de estos cultivos en el presente siglo. Los impactos fundamentales del cambio climático en esta producción serán consecuencia de la reducción de la disponibilidad de agua, el aumento de la temperatura del aire y el aumento del nivel medio del mar.

Si las situaciones planteadas anteriormente se combinan con la baja eficiencia en los sistemas de riego, la escasa cultura de explotación de los suelos de algunos productores y la utilización de equipamientos en su mayoría arcaicos, se puede esperar un rápido aumento en la salinidad de los suelos y la erosión hídrica, así como un mayor gasto energético asociado a la explotación de este cultivo.

Con el fin de responder a estos escenarios, tributar al crecimiento de la producción agrícola nacional y garantizar la seguridad alimentaria de la población, resulta necesario adaptar los sistemas de producción, reducir la vulnerabilidad de los mismos ante el cambio climático, y proponer tecnologías de producción más eficaces y dirigidas a la sostenibilidad ambiental.

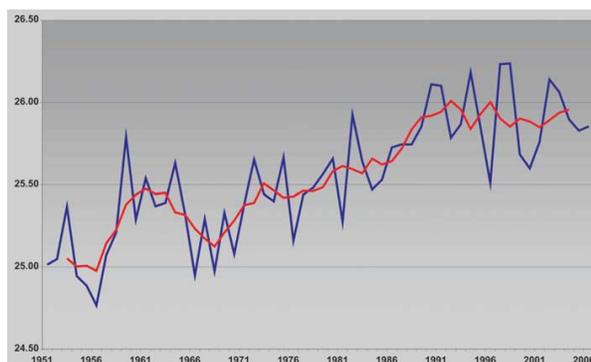
### **14.2 Idea de Proyecto para la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.**

#### **14.2.1 Introducción y antecedentes.**

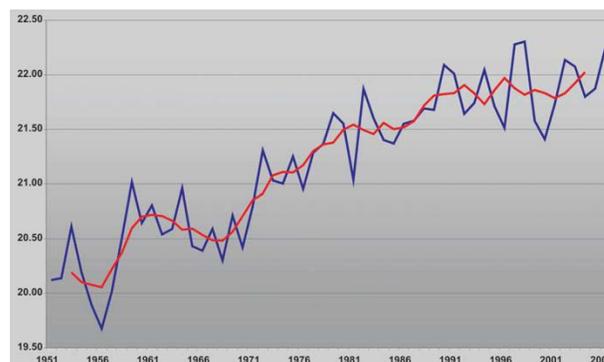
En nuestro país se le presta gran importancia a los riesgos sobre la producción agrícola y la seguridad alimentaria, en particular para las poblaciones más vulnerables, que dependen fuertemente de la agricultura y al mismo tiempo disponen de recursos económicos y tecnológicos limitados. La agricultura es el sector más sensible a los efectos directos del cambio climático, ratificándose con el análisis de la situación actual en el contexto nacional cubano, el cual refleja: altas temperaturas, eventos de grandes precipitaciones, líneas pre-frontales destructoras, sequías intensas y otros eventos ocurridos con cierta frecuencia en las últimas décadas.

Es posible afirmar que en nuestro clima se han producido variaciones significativas desde mediados de los años 70' del siglo XX. Las evidencias obtenidas indican claramente que el clima de Cuba se ha hecho más cálido, siendo los años 1997 y 1998 los más calurosos. Desde mediados del pasado siglo, la temperatura media anual aumentó cerca de 0.6 °C ([Figura 23](#)), a causa de la marcada tendencia al incremento en la temperatura mínima ([Figura 24](#)). En términos generales, se está produciendo una expansión del verano, que se refleja en un aumento del

número de días consecutivos con temperaturas máximas superiores a los 30 °C y mínimas superiores a los 20 °C [27].



**Figura 23. Temperatura media anual de Cuba entre 1951 y el 2006. Incluye las medias móviles de cinco años de dichos valores.**



**Figura 24. Temperatura mínima media anual de Cuba entre 1951 y el 2006. Incluye las medias móviles de cinco años de dichos valores.**

Aunque las precipitaciones en Cuba no han mostrado variaciones significativas para períodos largos de registros, en las últimas décadas se ha producido un incremento de los acumulados del período poco lluvioso y un cierto decrecimiento en los acumulados del período lluvioso.

Se ha observado la existencia de una gran variabilidad multianual en la actividad ciclónica sobre Cuba (sucesión de períodos poco activos y muy activos). A partir del año 1996 y hasta el año 2008 un total de ocho huracanes afectaron al país, indicando la existencia de una nueva etapa muy activa. Lo más sobresaliente ha sido la ocurrencia de cuatro huracanes intensos desde el 2001, cifra que no se había registrado en década alguna desde 1791 hasta el presente. Además, el aumento en la frecuencia de sequías desde 1960, el incremento de los brotes de tornados desde 1977, así como el hecho de que los eventos de lluvias intensas de la década de los 80 fueran los mayores reportados en el siglo XX, sugieren que el clima en Cuba se está volviendo más extremo, lo cual es consistente con los resultados del informe del IPCC [28] para la región del Caribe.

#### 14.2.2 Objetivos del proyecto.

- Aplicar sistemas de riego más eficientes y efectivos en las actuales áreas dedicadas al cultivo de arroz y en las nuevas 40 000 ha. proyectadas nacionalmente para contribuir al incremento de los rendimientos agrícolas en el período 2012-2016.
- Introducir tecnologías modernas y de mayor efectividad y productividad en la nivelación y/o alisamiento del suelo, la reparación y mantenimiento de los canales y en los sistemas de medición y control del uso del agua de riego.
- Reducir gradualmente las importaciones de arroz, a la vez que se mantiene el consumo per cápita en Cuba.
- Contribuir a la disminución del consumo de agua por parte del sector agrícola, ya que es el sector que mayor consumo de este recurso manifiesta (entre un 55 y 60% del consumo total de agua en el país).
- Mejorar los sistemas tecnológicos para los cultivos de arroz.

#### 14.2.3 Objetivos específicos del proyecto.

- Aumentar en al menos un 20% la eficiencia de aplicación del agua para el riego.
- Disminuir entre un 15%-20% el consumo de agua en los sistemas de producción de arroz.
- Incrementar la productividad del agua ( $t/m^3$ ) de hasta un 40%. Esto se comprende como el caudal de agua ahorrado que se podrá disponer para otros usos.
- Incrementar la productividad del arroz aproximadamente en un 15%.

#### 14.2.4 Productos y resultados del proyecto.

Al implementar esta tecnología se puede disponer de herramientas, equipamiento y/o sistemas tecnológicos que permitirán:

- Aplicar tecnologías para automatizar la medición y el control del uso del agua en sistemas de producción de arroz a mediana y gran escala.
- Utilizar el riego intermitente o por pulsos en los sistemas de riego superficial a pequeña y mediana escala.
- Contar con un sistema más eficiente para la nivelación y/o alisamiento del suelo, la reparación y mantenimiento de los canales y en los sistemas de medición y control del uso del agua de riego.
- Poseer capacidades locales que garanticen acciones en los servicios de mantenimientos.
- Contar con resultados técnicos que permitan evaluar las tecnologías adquiridas mediante la red de laboratorios y polígonos de prueba.

Estos resultados pueden redundar en beneficios dirigidos a perfeccionar la capacidad del personal técnico y de los decisores, para así definir planes de siembra en función de la disponibilidad real del recurso agua. Así como en beneficios económicos y sociales importantes al aumentar el nivel de vida de los productores de arroz que constituyen hoy un sector importante y creciente en el sistema de producción agrícola del país.

#### 14.2.5 Relación con el desarrollo sostenible del país y sus prioridades.

Al cierre del 2008, de una superficie de tierra firme de 10 676 000 ha. (exceptuando los cayos), Cuba dedicaba a las actividades agropecuarias 6 619 500 ha. (60,2% de la superficie total). De ellas más de 130 000 ha. son dedicadas al riego superficial, lo que representan el 75% del área bajo riego total, asimismo son dedicadas 90 000 ha. al riego del arroz y existe una proyección dentro del sistema de producción agrícola nacional para el crecimiento en más de 40 000 ha para el período 2012-2016. En la producción de este cultivo prevalecen las bajas eficiencias en el uso del recurso agua (estimada en menos del 40%), por tanto, es en estos sistemas de producción donde se consume la mayor parte de dicho recurso asignado para la producción agrícola.

No obstante, el arroz representa la base alimentaria de la mayor parte de la población cubana, ya que el consumo per cápita anual es de 70 kg aproximadamente. Aunque el país tiene una infraestructura con capacidad potencial para producir más de 200,0 Mt de este cultivo, esto no ha sido posible por limitaciones económicas, razón por la cual más del 60% del consumo total se importa desde países lejanos, con altos costos. Esto precisa introducir tecnologías que garanticen un correcto alisamiento del terreno antes de la siembra, la medición y el control del uso del agua

de riego de una manera efectiva y cada vez más precisa, lo que permite potenciar un sistema de toma de decisiones en tiempo real para el manejo del riego y el registro de su productividad.

Por tanto, esta tecnología guarda estrecha relación con las prioridades de desarrollo del país, debido principalmente a que permite un aumento en la aplicación eficiente del agua para el riego al reducir notablemente las pérdidas por percolación que se producen en el riego superficial tradicional, así como, posibilita la automatización del riego, lo que mejora la capacidad de explotación de estos sistemas, humanizando el trabajo y aumentando su productividad. Por otra parte la implementación de esta tecnología forma parte de las prioridades establecidas en el Programa Nacional de Desarrollo Hidráulico [29] del país, y en particular dentro del sistema de la agricultura.

#### 14.2.6 Alcance del proyecto.

Este proyecto pretende disponer de tecnologías adecuadas para nivelar y/o alisar el terreno, reparar y brindar mantenimiento a los canales para el riego hasta tecnologías para utilizar eficientemente el riego intermitente o por pulsos para los sistemas de riego superficial. Se pretende además, automatizar la medición y el control del uso del agua en sistemas de producción de arroz a mediana y gran escala y los sistemas de medición y control del uso del agua de riego. En fin es capaz de proveer al productor tecnologías más eficientes para el riego y un mejor aprovechamiento de los suelos.

La aplicación de la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz” implica beneficios económicos tanto para la forma de producción estatal como para la no estatal. Además, se prevén incrementos en los cultivos, mejoras en la calidad de los suelos y altas contribuciones al ahorro del recurso agua. No solo recibe un alto impacto positivo la población, debido a que este cultivo representa la base alimentaria de la población cubana, sino que se evidencia un beneficio indirecto a las diversas formas de producción por conceptos de ahorro de combustible.

Lo anterior planteado tiene fundamento en las ventajas previstas de la nueva tecnología respecto a las tradicionalmente utilizadas en el país, a continuación se muestran las principales:

- Permite el ahorro de un 30 a un 50% de agua, respecto a los sistemas gravitacionales tradicionales,
- Se puede utilizar en cualquier sistema de labranza,
- Se controla el problema de la erosión,
- Se puede reducir notablemente el uso de mano de obra,
- Requieren bajo consumo energético, debido a que son sistemas de baja presión,
- Se puede automatizar el sistema,
- Se logran eficiencias de aplicación similares a la aspersion,
- Permite disponer de mayores longitudes de surco que las tradicionales, variando según textura y pendiente entre 200 y 800 m,

El actual proyecto posee un estrecho vínculo con el Macroproyecto: “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana, para los años 2050 y 2100” [6], con el Programa cubano de enfrentamiento al cambio climático [3] y con los resultados de la Segunda

Comunicación Nacional para el Cambio Climático [5]. Debido a la transversalidad del proyecto se vincula con el Programa Nacional de Desarrollo Hidráulico [29] y considerando la instrumentación de la Resolución 44/2012 del CITMA sobre el Sistema de Programas y Proyectos [17], guarda relación con los siguientes proyectos:

- Alimento humano; a implementar por el Ministerio de la Agricultura (MINAG),
- Cambio climático en Cuba: impactos, mitigación y adaptación; a implementar por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

El plazo de aplicación es relativamente corto, aproximadamente en cinco años se pretende tener la capacidad instalada y a plena productividad.

#### 14.2.7 Actividades del proyecto y calendario.

A continuación se muestra una tabla (Tabla 13) con el cronograma de actividades para la ejecución del proyecto. En este cronograma se muestra un orden cronológico de las actividades, la duración de cada una de estas y la etapa correspondiente del proyecto.



Tabla 14. Costos del proyecto de aplicación de la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.

<b>Tecnología: “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”</b>	<b>Componentes</b>	<b>Presupuesto</b>
<b>Tecnologías para la nivelación y/o alisamiento del terreno, la reparación y mantenimiento de los canales y en los sistemas de medición y control del uso del agua de riego.</b>	Equipamiento para nivelar el terreno.	75 000 USD
	Equipamiento para la reparación y mantenimiento de los canales y de los sistemas de medición y control del uso del agua de riego.	3 500 USD/km de canal
<b>El uso del riego intermitente o por pulsos para los sistemas de riego superficial a pequeña y mediana escala.</b>	Válvula para el riego por pulsos para el riego.	3 300 USD
	Manga de 8 pulgadas bovina de 100 metros.	130 USD
	Manga de 10 pulgadas bovina de 100 metros.	168 USD
	Manga de 12 pulgadas bovina de 100 metros.	200 USD
	Válvulas o compuertas que se colocan en las mangas y que brindan agua al campo (cada 100 metros de manga hay 150 válvulas): Caja de 100 unidades.	238 USD (2.38 USD/válvula)

<b>Tecnologías para la automatización de la medición y el control del uso del agua en sistemas de producción de arroz a mediana y gran escala.</b>	Automatización del control del agua de las compuertas de entrega de agua en canales primarios.	15 000 USD
	Automatización del control del agua de las compuertas de entrega de agua en canales secundarios.	9 000 USD
	Automatización del control del agua de las compuertas de entrega de agua en canales terciarios.	3 000 USD
	Costo de los medidores de flujo	2 500 USD
<b>Total</b>		<b>112 036 USD</b>

Debe tenerse en cuenta además lo siguiente:

- El costo operativo es de aproximadamente 0.2 USD por mm de agua aplicada por ha., debido a la reducción notable de energía y mano de obra necesarias,
- El costo de mantenimiento es prácticamente nulo si lo comparamos con los sistemas de riego presurizados,
- Los canales promedio poseen aproximadamente 10 km de longitud.

Por tanto, el costo capital asciende a 170 000 USD.

#### 14.2.9 Medidas complementarias.

Para optimizar los resultados previstos para la aplicación de la tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz” se puede ejecutar como medida complementaria la fertirrigación. Este proceso consiste en introducir fertilizante en forma de diluyente por una toma en la válvula, de esta manera se realizan dos procesos simultáneos, el de riego y el de fertilización.

#### 14.2.10 Posibles complicaciones y desafíos.

Las principales dificultades que se podrían presentar vienen dadas por la calidad de productos importados, esto depende del proveedor del equipo; la reposición de las mangas (mangueras) para el riego; los terrenos dispuestos no resultan óptimos para la nivelación y/o el alisamiento; la falta de conocimiento de nuevas tecnologías y la falta de cultura de explotación en sistemas avanzados. Por último, deben tenerse en cuenta las fallas humanas asociadas a operación y mantenimiento como una de las principales complicaciones a tratar, debido a que este tipo de errores ocupa el 85% de los errores de operación.

14.2.11 Responsabilidades y Coordinación.

La coordinación de este proyecto estará a cargo del MINAG, o sea, llevaría la máxima responsabilidad. La capacitación del personal se coordinará por el MINAG mediante el apoyo del Instituto de Investigaciones e Ingeniería Agrícola (IIAagri) y el ISPJAE. El resto de las actividades aún cuando puedan ser ejecutadas por otros organismos, empresas, ministerios o proveedores de servicios serán coordinadas por el propio MINAG.

## **15 Idea de Proyecto para el Sector Recursos Hídricos.**

### **15.1 Breve resumen del sector.**

Cuba se encuentra formada por grandes y pequeñas islas, humedales, zonas muy húmedas y territorios áridos, montañas de distintas alturas y extensas llanuras costeras. Estos elementos se combinan con una compleja geología y con un clima tropical de régimen estacional, matizado por el azote frecuente de tormentas de gran capacidad pluvial y de sequías. Todos estos aspectos determinan la distribución espacio-temporal del agua en el archipiélago.

La lluvia es la única fuente de alimentación de los recursos hídricos (superficiales y subterráneos) en el país, siendo la causa fundamental de que estos sean limitados. El comportamiento de esta variable es estacional, con seis meses lluviosos (mayo-octubre), período donde suele caer alrededor del 80% de la lámina de lluvia anual, y otros seis meses (noviembre-abril) menos lluviosos, donde precipita el 20% restante.

Debido a la configuración larga y estrecha del archipiélago cubano, los ríos presentan pequeñas cuencas, cursos cortos y poco caudal. En total existen 563 cuencas fluviales, de ellas, sólo 14 superan el área de 1000 km<sup>2</sup>. Los acuíferos más importantes, desde el punto de vista de la capacidad de almacenamiento, están distribuidos en el occidente y centro del país [26].

El potencial hídrico de las aguas subterráneas asciende a 6456 km<sup>3</sup>, aproximadamente el 77% del volumen total de esta agua se almacena en 86 unidades hidrogeológicas. De las unidades más importantes, 70 son abiertas al mar, por lo que más del 80% tienen problemas de intrusión salina [26].

Para el aprovechamiento del agua subterránea, existen en el país más de 30 000 pozos de explotación y se perforan como promedio un total de 1 200 cada año. Este alto número de obras hidráulicas prioriza el servicio a la agricultura e incluye importantes baterías de pozos para el suministro de agua a la población, aunque no se cumple con la demanda total nacional.

El fenómeno de intrusión salina es uno de los impactos más graves, pues la mayoría de los acuíferos en Cuba tienen comunicación directa con el mar, trayendo como consecuencia que las reservas de aguas subterráneas sean seriamente afectadas. Resulta entonces fundamental garantizar dichas reservas de agua subterránea y lograr que con su uso racional se asegure la disponibilidad hídrica en la población y la producción agrícola, esto último especialmente en los polos arroceros: Los Palacios (región occidental), Sur del Jíbaro (región central) y Vado del Yeso (región oriental). Todo ello a través del diseño y la explotación de pozos poco profundos para la extracción de agua y recarga del manto subterráneo.

### **15.2 Idea de proyecto para la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.**

#### **15.2.1 Introducción y antecedentes.**

El sector Recursos Hídricos es, por su dependencia del clima, uno de los más vulnerables a cualquier anomalía en el comportamiento de este elemento de la naturaleza. La ocurrencia de fenómenos extremos, como las sequías y las grandes precipitaciones, impactan directamente la distribución espacio-temporal de las variables hidrológicas, y por tanto, a todas las actividades relacionadas con el agua.

En los países del área del Caribe, por su condición insular, el cambio climático tendría un impacto muy intenso en la fase terrestre del ciclo hidrológico, debido a que, además de los mecanismos puramente atmosféricos, también la circulación marina influye significativamente en los procesos climáticos relacionados con las variables hidrometeorológicas que participan en el balance hídrico de dicha región. Por ejemplo, al ser Cuba un archipiélago, se convierte en un país muy vulnerable ante el ascenso del nivel del mar y los cambios bruscos en los patrones de precipitación.

El efecto combinado del incremento de la temperatura y la reducción de las precipitaciones, principalmente durante el período lluvioso, junto a resultados obtenidos en diferentes investigaciones realizadas en el territorio cubano, pronostican condiciones más secas que las actuales para los próximos años, provocando a su vez una disminución significativa del potencial hídrico del país, tanto superficial como subterráneo. Según los modelos climáticos, se espera una disminución de un 10% y un 20% en las precipitaciones para el 2050 y 2100 respectivamente [6].

Algunas de las afectaciones esperadas para el sector Recursos Hídricos debido a los cambios climáticos venideros son: el incremento de la demanda de agua por las actividades humanas y los ecosistemas naturales; el deterioro de la calidad del agua en los embalses y un déficit en los sistemas de abastecimiento; la reducción de las capacidades naturales de autodepuración de los cuerpos de agua; así como afectaciones a las estructuras hidráulicas y a las reservas de aguas subterráneas, lo que conllevará a una disminución de las condiciones higiénico-sanitarias de la población [5].

La vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático se reduce en la medida en que aumenta la capacidad de adaptación de un país. Por ello, en el Segundo Informe de País del INRH (2008) [26] se plantea que la estrategia de adaptación de Cuba deberá garantizar: el uso racional y la protección de los recursos hídricos; la introducción de prácticas adecuadas para el tratamiento de las aguas residuales a las corrientes superficiales; la reutilización de las aguas residuales tratadas en actividades compatibles; el aumento y diversificación de la disponibilidad del recurso; la elevación de la calidad de las fuentes superficiales y subterráneas; la renovación y elevación de la eficiencia de los sistemas tecnológicos y de gestión de mantenimiento de las infraestructuras hidráulicas.

#### 15.2.2 Objetivos del proyecto.

El objetivo principal del proyecto es fundamentar un programa inversionista dirigido a la perforación, diseño y explotación de pozos poco profundos para favorecer la recarga del manto freático y asegurar la disponibilidad de agua ante los efectos del cambio climático, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la seguridad alimentaria de la nación.

#### 15.2.3 Objetivos específicos:

- Contribuir a la implementación de la Política Nacional del agua, así como los programas de desarrollo hidráulico del país.
- Contribuir al uso racional y eficiente del recurso hídrico.
- Contribuir al uso eficiente de la infraestructura hidráulica existente en el país.

- Favorecer la disminución del estrés hídrico en los cultivos, apoyando así la producción de los alimentos necesarios en la nación y la disminución de importaciones de origen agrícola.

#### 15.2.4 Productos y resultados.

El potencial hídrico del país asciende a 38 139 km<sup>3</sup> al año, de ellos 31 683 km<sup>3</sup> corresponden al escurrimiento superficial y 6 456 km<sup>3</sup> a las aguas subterráneas. Del potencial total son utilizables 23 988 km<sup>3</sup>, de este un 25.2% pertenece a las aguas subterráneas. Alrededor del 80% del agua empleada para el suministro a la población proviene del manto freático. Existe un total de 223 presas, más de 800 micropresas, 11 estaciones de bombeo, 800 km de canales magistrales y 1 287 km de diques de protección contra inundaciones. Estas obras dan prioridad a la entrega de agua para el riego y el suministro a la población [26].

En la actualidad, las pérdidas en el sistema de distribución de agua constituyen una de las problemáticas fundamentales que atentan contra la calidad de los servicios de abasto a la población cubana y a la economía. La pérdida estimada es de 1 011 millones de metros cúbicos, equivalente a 676 millones de pesos.

Al implementar esta tecnología se puede disponer de equipamiento y/o sistemas tecnológicos que permitirán:

- Disponer de equipos más eficientes para la perforación de pozos poco profundos,
- Implementar tecnologías que permitan monitorear el funcionamiento, las variaciones de caudales y niveles de las aguas,
- Implementar tecnologías para las determinaciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas,
- Contar con un sistema más eficiente para la administración del recurso hídrico,
- Ofrecer oportunidades de capacitación al personal relacionado con todas las operaciones vinculadas al sistema hidráulico.

Los principales resultados esperados con la aplicación de este proyecto son:

- Mayor disponibilidad y calidad de agua en el país.
- Establecer un control eficiente para el manejo de la disponibilidad y calidad del recurso.
- Suministro eficiente de agua para la población y el sector agrícola.

#### 15.2.5 Relación con el desarrollo sostenible del país y sus prioridades.

El proyecto contribuye al desarrollo sostenible del país pues garantizará el incremento de la disponibilidad y calidad del agua. Influirá en el logro de una mejor administración del recurso hídrico, así como en su preservación y protección, también en una mejora de las condiciones sanitarias, reduciéndose los impactos negativos en la población y la producción de alimentos.

Por otra parte el proyecto responde a los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución [2] relacionados con la política hidráulica del país: “(...) para enfrentar más eficazmente los problemas de la sequía y del uso racional del agua (...)”, “(...) con el objetivo de disminuir las pérdidas de agua en el mediano plazo (...)”, por lo que también favorece el desarrollo del programa hidráulico.

La implementación adecuada del proyecto, incrementará la producción en el país de productos agrícolas, contribuyendo a la sustitución de importaciones de este tipo. Además, es clave en el proceso de transferencia tecnológica, pues ofrecerá oportunidades de capacitación al personal relacionado con las operaciones vinculadas al sistema hidráulico.

#### 15.2.6 Alcance del proyecto y vínculos con otros proyectos.

Esta propuesta se basa en estudios previos que se realizan periódicamente en el sistema hidráulico nacional, en el conocimiento de los costos de operación de pozos, así como en las diferentes formulaciones de programas inversionistas en el campo del diseño, estudio, perforación y validación de pozos para diversos usos (observación, recarga, suministro).

La correcta aplicación del proyecto propiciará el aumento de la capacidad de adaptación ante los efectos adversos del clima, pues se dirige a lograr una mayor disponibilidad de agua y a favorecer la recarga del manto freático. Abarcará desde los análisis y estudios hidrogeológicos, geológicos, geofísicos, de perforación y validación de diferentes tipos de pozos, hasta sus diseños y explotación. Esto incluye la verificación de los volúmenes estimados de extracción de agua, determinación de su calidad, así como el empleo de un sistema computarizado para establecer los regímenes de explotación, ya sea extracción o recarga según el objetivo del pozo.

Este proyecto se orienta a sectores económicamente importantes para el país como el turismo y el sector agrícola, además cobra vital importancia para la población, que se abastece a partir de los acuíferos subterráneos. Tendrá un alcance nacional, por lo que se requieren recursos financieros en su implementación.

El mismo se vincula al Programa Nacional de Desarrollo Hidráulico [29], al Proyecto de Asociación de País (OP15) [30] relacionado con la desertificación, la sequía y el manejo sostenible de tierras, al Macroproyecto: “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana, para los años 2050 y 2100” [6] al Programa cubano de enfrentamiento al cambio climático [3] y a los resultados obtenidos para la 2da Comunicación a la CMNUCC [5].

#### 15.2.7 Actividades del proyecto y calendario.

En la [tabla 15](#) se presentan las actividades para la ejecución del proyecto. En esta tabla se muestra un orden cronológico de las actividades, la duración de cada una de estas y la etapa correspondiente del proyecto.

**Tabla 15. Actividades del proyecto y calendario para la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.**

No	Actividades del proyecto	Año 1												Año 2												Año 3											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	Estudios de factibilidad económica	■	■	■	■	■																															
2	Adquisición de la tecnología																																				
3	Diagnóstico hidrogeológico, que incluye el conocimiento geológico y geofísico de la zona posible para perforación de pozos con diferentes objetivos: recarga, observación y explotación para diversos usos.						■	■	■	■	■	■																									
4	Desarrollo del programa de investigación en las áreas seleccionadas de mayor perspectiva hidrogeológica para la ubicación de los pozos.												■	■	■																						
5	Perforación de pozos con diferentes objetivos: recarga.																■	■	■																		
6	Evaluación hidrogeológica e hidroquímica para la validación de los diferentes pozos perforados.																		■	■	■																
7	Monitoreo y evaluación de indicadores de calidad de las aguas para la operación de cada tipo de pozo.																		■	■	■	■															
8	Suministro, construcción e instalación para la puesta en explotación de cada tipo de pozo.																				■	■	■	■													
9	Acciones de capacitación del personal que participa en la implementación del programa de construcción de pozos.																					■	■	■													
10	Acciones de fortalecimiento institucional para la implementación del programa y el aseguramiento de la operación y mantenimiento de los pozos.																						■	■													
11	Monitoreo y evaluación de la variación temporal de indicadores del nivel de las aguas subterráneas y su calidad durante la operación de cada tipo de pozo.																								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
12	Actualización del programa de desarrollo.																																				

### 15.2.8 Presupuesto y requerimientos de recursos.

A continuación en la [tabla 16](#) se muestran los costos del equipamiento necesario para el desarrollo del proyecto:

**Tabla 16. Costos del equipamiento de la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.**

<b>Tecnología: “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”</b>	<b>Componentes</b>	<b>Presupuesto</b>
<b>Equipo para la perforación de</b>	Equipo de perforación rotaria	288 000 USD
	Equipo de medición del nivel de las aguas subterráneas	5 900 USD
	Sensores para el análisis químico del agua	17 800 USD

<b>pozos poco profundos.</b>	Equipo geofísico de pozos	125 355 USD
	Equipo Estación Total para la referenciación geodésica y nivelación del pozo	18 000 USD
	GPS fijo o estacionario, GPS de navegación y software	25 870 USD
<b>Equipamiento para verificar “in situ” los volúmenes estimados de extracción de agua y determinar su calidad.</b>	Equipo de bombeo	25 070 USD
	Equipo de medición del nivel de las aguas	1 700 USD
	Equipo de muestreo vertical de las aguas	1 570 USD
	Laboratorio portátil para las determinaciones de los parámetros físicos y químicos de las aguas y su composición iónica.	25 070 USD
<b>Sistema computarizado para establecer los regímenes de explotación, ya sea extracción o recarga.</b>	Control automatizado, sensores para monitorear el funcionamiento, las variaciones de caudales y niveles de las aguas.	14 400 USD
<b>Total</b>		<b>542 835 USD</b>

A lo anterior se le debe sumar el valor que poseen las construcciones de pozos para distintos usos.

El costo por cada metro de perforación de pozos de diferentes tipos, instituido por la Empresa Nacional de Perforación y Construcción (ENPC), perteneciente al INRH, es de 1 130,00 pesos (Moneda Total), considerando que el 45% de su valor corresponde a la moneda libremente convertible (CUC). En este servicio interviene la perforación y el encamisado del pozo, así como su protección.

El costo por cada metro de perforación y el valor de la construcción de pozos para los diferentes usos según la ENCP, se muestran en la siguiente [tabla](#):

**Tabla 17. Costo por cada metro de perforación y el valor correspondiente para la construcción de diferentes pozos, según la ENCP.**

<b>Tipos de Pozos</b>	<b>Profundidad (Media)</b>	<b>Costo por metro (moneda total)</b>	<b>Valor (45% de este valor corresponde a la moneda en CUC)</b>

<b>Observación</b>	50	\$1 130	\$56 500
<b>Recarga</b>	15	\$1 130	\$16 950
<b>Abasto (Población)</b>	100	\$1 130	\$113 000
<b>Agricultura</b>	100	\$1 130	\$113 000
<b>Total</b>			\$299 450

También se debe sumar el valor de los estudios geológicos, geofísicos, hidrogeológicos y de laboratorio que se realizan en el proceso de construcción de cualquier tipo de pozo. Este se muestra a continuación, según la ENCP ([Tabla 18](#)):

**Tabla 18. Valor de los estudios realizados en el proceso de construcción de cualquier tipo de pozo.**

<b>Estudios realizados para la construcción de cualquier tipo de pozo</b>	<b>CUP (Moneda Nacional)</b>	<b>CUC (Moneda libremente convertible)</b>	<b>Valor</b>
<b>Geología</b>	67 773,12	17 826,90	\$85 600,02
<b>Geofísica</b>	18 958,00	4 711,00	\$23 669,00
<b>Hidrogeología</b>	41 171,77	9 420,23	\$50 592,00
<b>Laboratorio</b>	63 327,60	27 770,40	\$91 098,00
<b>Total</b>			\$250 959,02

#### 15.2.9 Medidas complementarias

Para optimizar los resultados previstos en la aplicación de la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”, se requiere del control de los niveles de los pozos de observación y de recarga del acuífero, el conocimiento sobre las precipitaciones tanto en intensidad como en duración en el área del proyecto, así como la revisión periódica de la calidad de las aguas para asegurar que el acuífero mantiene sus volúmenes de uso. Ello se traduce en la

existencia de una estación hidrometeorológica en el área, que permita conocer y valorar los fenómenos de relación directa con los pozos.

15.2.10 Posibles complicaciones y desafíos.

El área de negociación del financiamiento requerido para la ejecución del proyecto, es uno de los aspectos que pueden considerarse como sensibles para lograr su realización apropiada. Además, es importante realizar una selección adecuada del paquete tecnológico para lograr los objetivos esperados. A ello se le suma que la experiencia en tecnologías de punta, requiere de capacitación para lograr la sensibilización adecuada y una ejecución exitosa del proyecto.

15.2.11 Responsabilidades y coordinación.

La coordinación de este proyecto estará a cargo del INRH. El diseño y validación de los pozos poco profundos se realizará por la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos (EIPH).

La perforación de pozos es una de las misiones fundamentales del INRH, y se ejecutará a través de la Empresa Nacional de Perforación y Construcción. Esta última se encargará de la perforación, rehabilitación y mantenimiento de pozos para todos los fines, de la reparación de piezas, herramientas y accesorios para la perforación.

## **16 Ideas de Proyecto para el Sector Zonas Costeras.**

### **16.1 Breve resumen del sector.**

El archipiélago cubano, formado por la isla de Cuba y numerosos cayos, es largo y estrecho. En sus zonas costeras están ubicados la capital del país y algunas capitales de provincia, así como otros asentamientos poblacionales en los que se desarrollan actividades portuarias, turísticas, pesqueras e industriales, todas de gran importancia para el desarrollo social y económico del país. Desde el punto de vista ambiental se destacan en este sector los servicios ambientales de sus ecosistemas de manglar y arrecifes coralinos, constituyendo barreras protectoras de las zonas costeras.

Los resultados de procesos de I+D integrados en el Macro-Proyecto “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana, para los años 2050 y 2100” [6] y los estudios de peligro vulnerabilidad y riesgos por inundaciones costeras que coordina la AMA, señalan que algunas zonas costeras de las provincias orientales del país tienen un alto riesgo de inundación por fenómenos hidrometeorológicos extremos. A partir de estos estudios, se han identificado poblaciones amenazadas por las inundaciones y por otros peligros del cambio climático como son los fuertes vientos y las intensas lluvias. También se identificaron vulnerabilidades en las viviendas de zonas costeras debido a sus tipologías formadas por materiales frágiles y poco resistentes.

Atendiendo al sistema de programas y proyectos durante el año 2013 y considerando la instrumentación de la Resolución 44/2012 del CITMA sobre el Sistema de Programas y Proyectos [17], se aprobaron los siguientes programas conciliados para ejecutar en el 2013:

3. Desarrollo y asimilación de nuevos materiales de construcción y de las tecnologías de producción, a implementar por el MICONS.
4. Cambio climático en Cuba: impactos, mitigación y adaptación, a implementar por el CITMA.

Al analizar el Programa cubano de enfrentamiento al cambio climático [3] se puede comprobar que en este se establecen tareas principales relacionadas con temas de adaptación para las zonas costeras:

3. Conformar una Red Ambiental de Monitoreo sobre el estado y calidad de las zonas costeras, que permita su evaluación sistemática para la toma de decisiones.
4. Incorporar la dimensión de la adaptación a los Programas, Planes y Proyectos vinculados a: la producción de alimentos (incluye sanidad vegetal y animal), manejo integral del agua, ordenamiento territorial de la zona costera e higiene y epidemiología.

Los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución [2], reflejan la necesidad de tomar medidas con vistas a la adaptación al cambio climático en todos los sectores de la sociedad y la necesidad de mejorar la calidad de vida de la población a partir de la construcción de viviendas.

A partir del proceso TNA [10], se seleccionó la tecnología “construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”. Para ello se tomaron como base los resultados de procesos de I+D desarrollados por el CIH, el CECAT y se integraron estos conocimientos para concretar y priorizar la tecnología propuesta a modo de proyecto demostrativo en el municipio Manzanillo, en la provincia Granma.

Para la elaboración de la idea de proyecto se efectuaron reuniones con los integrantes del Grupo de Expertos del Sector de Zonas Costeras. También se realizó una visita al Municipio Manzanillo, provincia de Granma con vistas a conciliar la idea de proyecto con las prioridades del CAP y los delegados de las circunscripciones pertenecientes al poblado de Troya. En esta visita participó la coordinadora del sector, dos integrantes del Grupo de Expertos y especialistas de la delegación del CITMA del territorio. Como resultado, de estas actividades el CAP concluyó que el poblado de Troya es la prioridad establecida por el gobierno para la implementación de la tecnología.

Durante la visita a Manzanillo, se realizó un recorrido por el Consejo Popular Troya Calicito en el que está ubicado el poblado del mismo nombre. De acuerdo a la inspección visual de las viviendas del poblado por parte de los expertos, a resultados de evaluaciones anteriores: estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos por fuertes vientos, inundaciones costeras e intensas lluvias realizados en la provincia Granma [23] y el Macroproyecto [6], pudo constatar que no solamente existe el peligro de inundación costera sino además otros peligros asociados al cambio climático como son los fuertes vientos e intensas lluvias, que acrecientan los riesgos debido a la alta vulnerabilidad de las viviendas de la zona.

Basado en lo anterior, el Grupo de Expertos decidió modificar el nombre del proyecto para que tuviera correspondencia con los peligros identificados de modo que su título es: “construcción de viviendas para disminuir su vulnerabilidad ante los peligros del cambio climático”.

Esta tecnología de pequeña escala y de mediano plazo (tres años) consiste en: la construcción de viviendas y muros resistentes a los peligros del cambio climático, incorporando los resultados alcanzados de procesos de I+D para el uso de materiales resistentes en elementos constructivos muy vulnerables como: paredes, techos, ventanas, entre otros. Esta tecnología requiere de equipos para acciones ingenieras en el terreno y la obtención de áridos. También emplea procedimientos y normativas resultantes de los procesos de I+D desarrollados en el país con el uso de materiales locales [31].

A partir de las conciliaciones realizadas durante la visita a Manzanillo, el grupo de expertos también decidió modificar las metas del sector, de modo que su enfoque abarque todos los peligros del cambio climático que amenazan al poblado de Troya. Es por ello que estas metas son: disminuir la vulnerabilidad de las viviendas de la zona costera ante los peligros del cambio climático como: las inundaciones, fuertes vientos, intensas lluvias y la elevación del nivel del mar.

## **16.2 Idea de Proyecto para la tecnología “construcción de viviendas para disminuir su vulnerabilidad ante los peligros del cambio climático”.**

### **16.2.1 Introducción y antecedentes.**

Este proyecto comprende la construcción de viviendas en zonas amenazadas por los peligros del cambio climático: inundaciones costeras, afectaciones por fuertes vientos e intensas lluvias. La zona seleccionada para su implementación está ubicada en el Golfo de Guacanayabo, provincia Granma.

Los estudios de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos (PVR) [23], realizados en esta provincia han permitido evaluar en base a los eventos históricos ocurridos y a otros indicadores, los peligros que amenazan a esta zona. Una vez evaluados los peligros en cuanto a su severidad y área de afectación, se evaluaron las vulnerabilidades, destacándose en esta zona las relacionadas con las

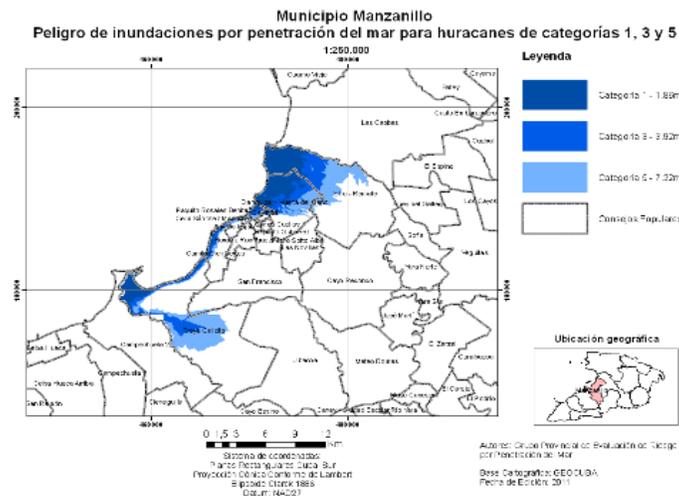
estructuras de las viviendas, como un elemento a considerar por los decisores para aumentar la capacidad de adaptación y disminuir la misma ante los peligros del cambio climático en escenarios actuales y futuros. Por otra parte, en dichos estudios se han evaluado los riesgos asociados a estos eventos, como resultante de la evaluación de los peligros y vulnerabilidades.

Además se identificaron las afectaciones de la provincia Granma en un período de 88 años por los embates de varios ciclones tropicales [6]. Solamente en el período desde 1920 hasta 2008 afectaron a la provincia, un total de 18 organismos tropicales, de los cuales siete fueron tormentas tropicales y 11 huracanes, siendo el Flora en 1963 y el Dennis en el 2005 los más destructivos. De gran significación fueron los impactos provocados por los huracanes Gustav e Ike en el año 2008.

Otro aspecto que da una visión del alcance de los estudios de PVR, es que éstos se han realizado para distintos tipos de huracanes correspondientes a las categorías 1, 3 y 5 [6]. De especial atención son aquellos eventos de categoría 5, porque en los últimos años los huracanes han evolucionado rápidamente hacia esa categoría.

La batimetría poco profunda de la zona costera del Golfo de Guacanayabo hace que esta sea una zona de alto peligro ante la ocurrencia de surgencias y de vientos del sur que inciden en las penetraciones frecuentes del mar [6].

En la siguiente figura (Figura 25) se presenta el peligro de inundación para huracanes de categorías 1, 3 y 5 en el Municipio Manzanillo.



**Figura 25. Peligro de inundaciones por penetración del mar para huracanes de categorías 1, 3 y 5. Municipio Manzanillo de la provincia de Granma.**

Como puede apreciarse en la figura anterior, la zona de Troya Calicito está constantemente amenazada ante las inundaciones costeras.

Las siguientes figuras (Figura 26, Figura 27 y Figura 28) muestran la evolución de la vulnerabilidad estructural de la zona Troya Calicito ante inundaciones por penetraciones del mar para huracanes de categorías 1, 3 y 5 respectivamente.

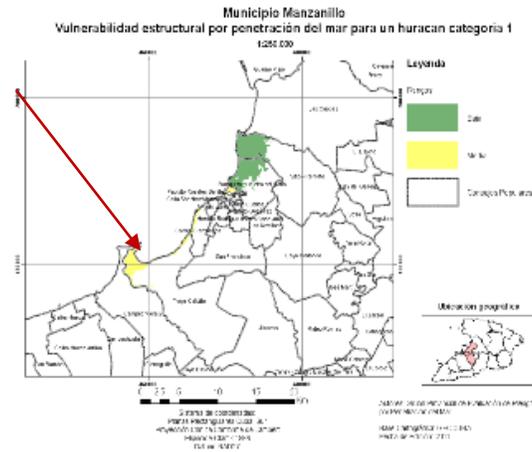


Figura 26. Vulnerabilidad estructural de la zona Troya Calicito, por penetración del mar para un huracán de categoría 1.

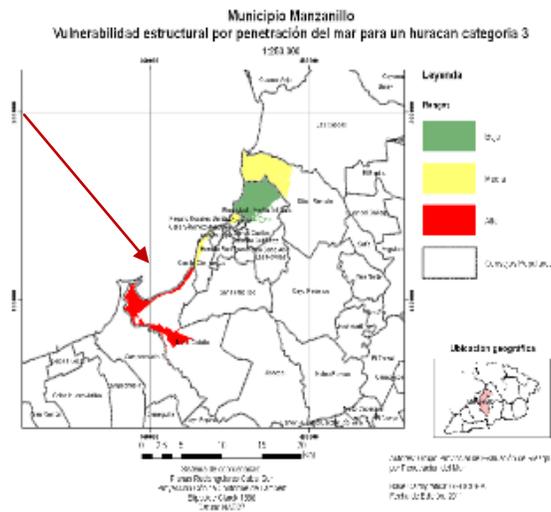


Figura 27. Vulnerabilidad estructural de la zona Troya Calicito, por penetración del mar para un huracán de categoría 3.



proceso TNA. Por otra parte, se realizaron recorridos por la zona costera de ese poblado, lo cual permitió constatar el número y estado técnico de las viviendas, cuyas estructuras y materiales son frágiles e inseguras.

Durante el recorrido, se identificó que el poblado de Troya tiene su fuente de empleo en la actividad pesquera. Esta se desarrolla en un muelle pesquero que está en un área protegida. En la misma se destaca un ecosistema de manglar bien desarrollado, que no es continuo a lo largo de la línea de costa, hecho que podría afectar la protección de la zona costera ante las inundaciones.

En las [figuras 30.1](#) y [30.2](#) se observan imágenes de algunas de las viviendas del poblado Troya.



**Figura 30.1 y 30.2. Vulnerabilidades en componentes estructurales de las viviendas del poblado Troya: techos, vigas, materiales de construcción.**

Como puede observarse, estas viviendas tienen elementos estructurales constituidos por materiales frágiles en sus techos, paredes, puertas y ventanas. En este poblado están ubicadas 20 viviendas.

### 16.2.2 Objetivos.

El objetivo de este proyecto es la construcción de 20 viviendas en el poblado de Troya, específicamente en la zona del muelle pesquero. Este proyecto incluye el diseño y construcción considerando la nueva norma del MICONS para viviendas resistentes a fuertes vientos e intensas lluvias en zonas costeras, así como otras especificaciones relativas a las proporciones de los materiales de construcción y fijaciones en techos, entre otras.

Otro de los objetivos es lograr la sostenibilidad del proyecto, la cual se evaluará a partir de indicadores de durabilidad y resistencia ante embates de fuertes vientos, inundaciones costeras e intensas lluvias.

### 16.2.3 Productos y Resultados.

#### **Producto:**

20 viviendas construidas. Este proyecto beneficia a una población aproximada de 100 habitantes.

El alcance del proyecto es la construcción de viviendas en el poblado de Troya, específicamente en la zona del muelle pesquero. De este modo, se garantizará que sus pobladores mantengan la pesca como su fuente principal de empleo.

Este proyecto es demostrativo y sus resultados podrán ser implementados en otras zonas costeras amenazadas por inundaciones y fuertes vientos. Este tipo de proyecto no tiene antecedentes en la provincia de Granma y no está asociado a otro proyecto local.

#### **Resultados:**



**Tabla 20. Presupuesto de recursos necesarios para la tecnología “construcción de viviendas para disminuir su vulnerabilidad ante los peligros del cambio climático”.**

PRESUPUESTO	COSTO CUC
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS	900 000
PREPARACIÓN DEL TERRENO Y VIALES	20 000
REDES DE AGUAS, ELECTRICIDAD Y TELEFONÍA	10 000
SUMINISTROS	50 000
TOTAL	980 000

#### 16.2.8 Posibles complicaciones y desafíos.

Las posibles complicaciones pudieran ser la falta de materiales de construcción (áridos) lo cual puede solucionarse a partir de una cantera ubicada en la zona de Troya. Para la extracción de áridos se requeriría de retroexcavadoras y equipos de trituración y clasificación de materiales.

Es un desafío la construcción de viviendas en una zona costera donde sus pobladores tienen pocos conocimientos de los temas de cambio climático, y de los beneficios que aportaría una tecnología que aumenta la capacidad de adaptación y reduce los niveles de exposición de la población ante los peligros.

Otro desafío es el hallazgo de una empresa que aporte el financiamiento para este proyecto demostrativo.

#### 16.2.9 Responsabilidades y coordinación

La coordinación de este proyecto estará a cargo del MICONS. Entre los participantes relevantes están el CECAT, el Instituto Nacional de la Vivienda (INV), Empresa Constructora de Obras de Ingeniería (ECOING), CITMA, Ministerio de Salud Pública (MINSAP), Ministerio de Educación (MINED), Comité de Defensa de la Revolución (CDR), Consejo de Administración Municipal (CAM) y la Empresa extranjera financista.

## **17 Conclusiones.**

El subgrupo de adaptación a partir del análisis realizado por varios expertos, asimiló y aplicó satisfactoriamente la metodología TNA combinada con un Análisis de Decisión Multicriterial, siendo este el principal proceso para la identificación y selección de sectores, subsectores y tecnologías. Se utilizaron un total de siete criterios para la selección de los sectores y los subsectores y diez para la selección de las tecnologías.

Como resultados del trabajo realizado fueron seleccionados los siguientes sectores: Agricultura, Recursos Hídricos y Zonas Costeras. En el sector agricultura los subsectores seleccionados fueron: Cultivos varios, granos y arroz y Producción Silvícola. En el sector Recursos Hídricos se seleccionaron los subsectores: Suministro de agua y Gestión de las cuencas hidrográficas. En el sector Zonas Costeras se seleccionaron los subsectores: Ordenamiento territorial y Manejo de zonas costeras.

Para los seis subsectores se identificaron un total de 26 tecnologías de las cuales según los criterios aplicados fueron seleccionadas 11, correspondiendo tres al subsector Cultivos varios, granos y arroz, una Producción Silvícola, dos a Suministro de agua, dos a Gestión de las cuencas hidrográficas, una a Ordenamiento territorial y dos a Manejo de zonas costeras.

Las tecnologías se analizaron nuevamente por el grupo de expertos y actores, y de acuerdo a las prioridades de desarrollo del país, los programas y proyectos establecidos y los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución se priorizaron las tecnologías *Manejo del agua en sistemas de producción de arroz, Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo y Construcción de viviendas por encima de la cota de inundación.* Estas tecnologías corresponden a los sectores Agricultura, Recursos Hídricos y Zonas Costeras respectivamente.

Las tecnologías *manejo del agua en sistemas de producción de arroz y perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo* se consideran como bienes de mercado, específicamente como bienes de capital, debido principalmente a que:

- Los principales consumidores son las empresas estatales (Complejos Agroindustriales arroceros).
- La inversión correspondiente es relativamente alta debido al alcance nacional de la implementación de dichas tecnologías.
- Poseen una cadena de mercado más simple.
- El número de proveedores de dichas tecnologías es limitado.

En el caso de la tecnología analizada para las zonas costeras se pudo clasificar la tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación como un bien no mercantil, específicamente como un bien de provisión pública, esto sienta sus bases en los siguientes argumentos:

- Es un bien provisto por el Estado en su mayoría ya que las decisiones son tomadas a nivel de gobierno.
- Requiere una gran inversión.
- Es un bien utilizado por el público ya sea pagado o libre de pago.
- Posee una cadena de mercado simple.

- Es una tecnología adquirida a través de oferentes nacionales o internacionales.

Los correspondientes análisis de barreras de las tecnologías analizadas arrojaron los siguientes resultados:

- Para las tecnologías para el manejo del agua en sistemas de producción de arroz se establecieron un total de 16 barreras para las cuales se conformaron un total de 19 medidas para eliminar o sortear dichas barreras.
- Para las tecnologías para la perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo se establecieron un total de nueve barreras para las cuales se conformó un paquete de 16 medidas.
- Para la tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación se establecieron un total de diez barreras para las cuales se conformaron un total de cuatro medidas para eliminar o sortear dichas barreras.

Un análisis posterior arrojó como resultado que las medidas para mitigar las barreras de las tecnologías para el manejo del agua en sistemas de producción de arroz y las tecnologías para la perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo poseían un alto grado de transversalidad, ya que un total de nueve medidas se aplicaban para sortear o mitigar las barreras correspondientes a ambas tecnologías.

Para las barreras identificadas en cada sector, se identificaron 39 medidas para los tres sectores seleccionados, las cuales están orientadas a temas de regulación, económicos-financieros, fallos en la red, capacidades institucionales y organizativas, actitudes humanas, información-divulgación y técnicos. Basado en estas medidas se efectuaron talleres con el grupo de expertos, para obtener consenso en relación a los criterios de evaluación, con el propósito de definir las acciones correspondientes a cada tecnología.

Se identificaron temas transversales correspondientes a las barreras identificadas que impiden la transferencia y difusión de las tecnologías, así como los temas normativos y algunas acciones de mayor peso.

A partir de las medidas identificadas en el informe II [9], los expertos del grupo de trabajo de adaptación, analizaron e identificaron un total de 35 acciones, las cuales conforman la cartera del Plan Acción para las tecnologías seleccionadas.

En este trabajo se desarrollaron tres ideas de proyecto correspondientes a los sectores Agricultura, Recursos Hídricos y Zonas Costeras. Estas ideas están basadas en la metodología del “Manual para realizar una Evaluación de Necesidades en Materia de Tecnologías para el Cambio Climático” y aplicadas coherentemente a las necesidades y particularidades del país. Se tuvo en cuenta además los análisis y decisiones de expertos en estos sectores, lográndose definiciones concretas de las tecnologías que se pretenden implementar y transferir. También se establecieron las principales actividades, el calendario de aplicación y el presupuesto necesario para la implementación de cada una de ellas.

La tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz” tendrá un plazo de aplicación aproximado de cinco años, y su despliegue requerirá de la aplicación de 19 actividades. Para ello se debe disponer un presupuesto de 170 000 USD. Esta contribuirá al

aumento en la eficiencia del uso del agua para el cultivo del arroz y está vinculada a los programas de desarrollo sostenible y alimentario, prioritarios para el país.

El proyecto relacionado con la “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”, comprenderá tres años para el desarrollo de diez actividades. El costo aproximado de la aplicación de este proyecto asciende aproximadamente a 545 000 USD. Sin embargo, esto permitirá lograr mayor disponibilidad de agua en la población y producción agrícola, específicamente en los principales polos arroceros del país, donde también se implementará la tecnología seleccionada para el sector agrícola.

La tecnología “construcción de viviendas para disminuir su vulnerabilidad ante los peligros del cambio climático”, constituye un proyecto demostrativo que se pretende aplicar inicialmente en el poblado costero Troya de la provincia de Granma. Este incluye el diseño y construcción de viviendas resistentes a fuertes vientos e intensas lluvias. Su etapa de despliegue comprende un total de tres años con un costo de 980 000 CUC.

## **Bibliografía.**

1. II Taller Nacional de desarrollo de capacidades en el análisis de barreras, de entornos habilitantes y planes de acción en tecnología.
2. Gaceta Oficial de la República de Cuba. 2011.
3. Programa Cubano de Enfrentamiento al Cambio Climático.
4. Primera Comunicación Nacional para la CMNUCC de Cuba.
5. Segunda Comunicación Nacional para la CMNUCC de Cuba.
6. Macroproyecto: “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana, para los años 2050 y 2100”.
7. Estrategia Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación.
8. Estrategia Ambiental Nacional de Cuba.
9. Gaceta Oficial de la República de Cuba. 1997.
10. Manual, Evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático. PNUD. Noviembre 2010.
11. Informe especial del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. IPCC. ISBN 978-92-9169-333-7.
12. Orientando el proceso para Superar las Barreras para la Transferencia y Difusión de Tecnologías Relacionadas con el Cambio Climático. UNEP-Riso Center. Enero 2012.
13. Panel Intergubernamental para el Cambio Climático.
14. 2do Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. 2006.
15. Atlas de la República de Cuba. 1969.
16. Decreto Ley 212. Gestión de Zonas Costeras.
17. Resolución 44/2012 del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) sobre el Sistema de Programas y Proyectos.
18. Decreto-Ley 300/2012.
19. Ley 81 de Medio Ambiente. 1997.
20. Decreto Ley 138 de las Aguas Terrestres. 1993.
21. Ley 1049. 1962.
22. Tercer informe de país del INRH. 2009.
23. Estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos por intensas lluvias, inundaciones costeras y afectaciones por fuertes vientos en la Provincia de Granma. 2011.
24. Decreto Ley 114 de 1989.
25. Primer informe de país del INRH. 2007.
26. Segundo informe de país del INRH. 2008.
27. Tabloide universidad para todos. Colectivo de Autores. 2008.
28. Informe por el grupo de trabajo para la transferencia de tecnologías para la segunda Comunicación Nacional a la CMNUCC. 2011.
29. Programa Nacional de Desarrollo Hidráulico.
30. Proyecto de Asociación de País (OP15).
31. Proyecto de I+D desarrollado por la Facultad de Ingeniería Civil del ISPJAE.

**Otras Bibliografías Consultadas.**

- Centella, A. Cuba ante el Cambio Climático: Estudios Vulnerabilidad y Adaptación. Proceso de la Segunda Comunicación Nacional. Taller de Diálogo Nacional GEF. La Habana, 13-15 noviembre 2006.
- Directiva 1. Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil. 2005.
- Discurso del General de Ejército Raúl Castro Ruz, Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros, en la sesión inaugural de la IV Cumbre CARICOM-Cuba, Trinidad y Tobago, el 8 de diciembre de 2011.
- Informe especial del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. IPCC. ISBN 978-92-9169-333-7
- Manual, Evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático. PNUD. Noviembre 2010.
- Ramírez, M.L. El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Humanidades. Argentina, 2004.

## Anexos.

## Anexo 1. Ficha Técnica de la Tecnología “manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.

<b>Sector Agricultura</b>	
<b>Subsector Cultivos Varios, Granos y Arroz</b>	<i>Manejo del agua en sistemas de producción de arroz.</i>
<b>Opción Tecnológica</b>	
<p>Se tienen en la actualidad en Cuba más de 130 000 ha de riego superficial que representan el 75% del área bajo riego total y en ellas se produce la mayor parte de la producción de arroz y los cultivos varios (granos, hortalizas y viandas) del país. Es en estos sistemas de producción donde se consume la mayor parte del agua asignada para la producción agrícola, con totales anuales promedios de más de 1500 Hm<sup>3</sup>. La tecnología del riego intermitente o por pulsos permite un aumento de la eficiencia de aplicación del agua del riego al controlar más eficientemente las pérdidas por percolación que se producen en el riego superficial tradicional así como permite la automatización del riego en estas condiciones, lo que mejora la capacidad de explotación de estos sistemas, humanizando el trabajo y aumentando su productividad. Por otra parte en nuestro país existen más de 90 000 ha dedicadas al riego del arroz en sistemas de riego superficial con muy bajas eficiencias en el uso del agua (estimada en menos del 40%) y existe una proyección dentro del sistema de producción agrícola nacional para el crecimiento en más de 40 000 ha para el periodo 2012-2016, lo que obliga a introducir tecnologías que garanticen un correcto alisamiento del terreno antes de la siembra, la medición y el control del uso del agua de riego de una manera efectiva y cada vez más precisa que permitan potenciar un sistema de toma de decisiones en tiempo real para el manejo del riego y el registro de su productividad.</p>	
<p><b>Beneficios:</b> <i>La introducción de una tecnología como el riego intermitente o por pulsos para los sistemas de riego superficial a pequeña y mediana escala, permitirá aumentar en al menos un 20% la eficiencia de aplicación del agua de riego y disminuir entre un 15%-20% el consumo de este recurso en estos sistemas de producción, lo cual permite incrementos de la productividad del agua (t/m<sup>3</sup>) de hasta un 40%. Por su parte la introducción de tecnologías para la automatización de la medición y el control del uso del agua en sistemas de producción de arroz a mediana y gran escala permitirá aumentar en al menos un 20% la eficiencia global del riego e incrementar su productividad hasta un 15% y fundamentalmente redundará en beneficios de la capacidad del personal técnico y de los decisores para definir planes de siembra en función de la disponibilidad real del recurso agua. Por último la introducción de tecnologías más modernas y de mayor efectividad y productividad en la nivelación y/o alisamiento del suelo, la reparación y mantenimiento de los canales y en los sistemas de medición y control del uso del agua de riego, redundará en beneficios económicos y sociales importantes al aumentar el nivel de vida de los productores de arroz que constituyen hoy un sector importante y creciente en el sistema de producción agrícola del país. Por otra parte la implementación de estas tecnologías forma parte de las prioridades establecidas en el Programa de Desarrollo Hidráulico del país, y en particular dentro del sistema de la agricultura.</i></p>	

## Anexo 2. Ficha Técnica de la Tecnología “automatización de la medición del agua en sistemas de producción de arroz”.

<b>Sector Agricultura</b>	
<b>Subsector Cultivos Varios, Granos y Arroz</b>	<i>Automatización de la medición del uso del agua en sistemas de producción de arroz.</i>
<b>Opción Tecnológica</b>	
<p>Se tienen en la actualidad en Cuba más de 90000 ha dedicadas al riego del arroz en sistemas de riego superficial con muy bajas eficiencias en el uso del agua (estimada en menos del 50%) y existe una proyección dentro del sistema de producción agrícola nacional para el crecimiento en más de 40000 ha para el periodo 2012-2016. La introducción de tecnologías que permitan la medición y el control del uso del agua de una manera efectiva y cada vez más precisa en estos sistemas, permiten potenciar un sistema de toma de decisiones en tiempo real para el manejo del riego y el registro de su productividad.</p>	
<p><b>Beneficios:</b> <i>La introducción de tecnologías para la automatización de la medición y el control del uso del agua en sistemas de producción de arroz a mediana y gran escala permitirá aumentar en al menos un 10% la eficiencia global del riego e incrementar su productividad hasta un 15% y fundamentalmente redundará en beneficios de la capacidad del personal técnico y de los decisores para definir planes de siembra en función de la disponibilidad real del recurso agua así como el registro de su uso efectivo en cada sección de estos sistemas, lo cual permite optimizar los planes de mantenimiento y reparación de los canales y los sistemas de campo. Por otra parte la introducción de esta tecnología redundará en beneficios económicos y sociales importantes al aumentar el nivel de vida y las condiciones de explotación del riego para los productores. La implementación de estas tecnologías de mayor eficiencia del uso del agua para optimizar su productividad, forman parte de las prioridades establecidas en el Programa de Desarrollo Hidráulico del país, y en particular dentro del sistema de la agricultura.</i></p>	

Anexo 3. Ficha Técnica de la Tecnología “modernización de tecnologías para la nivelación de tierras y la reparación y mantenimiento de canales de riego y drenaje, fundamentalmente en sistemas de producción de arroz”.

<b>Sector Agricultura</b>	
<b>Subsector Cultivos Varios, Granos y Arroz</b>	<i>Modernización de tecnologías para la nivelación de tierras y la reparación y mantenimiento de canales de riego y drenaje, fundamentalmente en sistemas de producción de arroz.</i>
<b>Opción Tecnológica</b>	
<p>Se tienen en la actualidad en Cuba más de 130 000 ha de riego superficial que representan el 75% del área bajo riego total y en ellas se produce la mayor parte de la producción de arroz, con más de 90000 ha y una proyección dentro del sistema de producción agrícola nacional para el crecimiento en más de 40 000 ha para el periodo 2012-2016. En estos sistemas se tienen más 50 000 ha de terrazas arroceras con problemas de nivelación y más de 20 000 km de canales de riego y drenaje que están en estado de regular a malo. La introducción de tecnologías más modernas y de mayor efectividad y productividad en la nivelación o alisamiento del suelo y la reparación y mantenimiento de los canales, permite incrementar las eficiencias de conducción, distribución y aplicación del agua de riego en estos sistemas de producción de arroz y su productividad agronómica.</p>	
<p><b>Beneficios:</b> <i>La introducción de tecnologías más modernas y de mayor efectividad y productividad en la nivelación o alisamiento del suelo y la reparación y mantenimiento de los canales en sistemas de producción de arroz a mediana y gran escala permitirá aumentar en al menos un 10% la eficiencia global del riego e incrementar la productividad del agua hasta un 15%. La introducción de esta tecnología redundará en beneficios económicos y sociales importantes al aumentar el nivel de vida y las condiciones de explotación del riego para estos productores. Por otra parte la implementación de estas tecnologías de mayor eficiencia del uso del agua para optimizar su productividad, forman parte de las prioridades establecidas en el Programa de Desarrollo Hidráulico del país, y en particular dentro del sistema de la agricultura.</i></p>	

Anexo 4. Ficha Técnica de la Tecnología “silvicultura intensiva con empleo de material genético de alto valor y especialmente adaptado a zonas mayoritariamente llanas”.

<b>Sector Agricultura</b>	
<b>Subsector Producción silvícola</b>	<i>Silvicultura intensiva con empleo de material genético de alto valor y especialmente adaptado a zonas mayoritariamente llanas.</i>
<b>Opción Tecnológica</b>	
<p>El país posee una demanda de madera muy por encima de los volúmenes que pueden aprovecharse en sus bosques, pues los rendimientos actuales de las plantaciones forestales son por regla general muy bajos (<math>&lt; 7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}</math>). También se encuentra enfrascado en limitar al máximo el aprovechamiento forestal en bosques situados en zonas de alta fragilidad como las montañas y las costas, en este sentido se realizan esfuerzos dirigidos al traslado de esas actividades hacia bosques situados en terrenos ondulados y llanos. Con este objetivo se está ejecutando un programa de plantaciones forestales con manejo intensivo, en el cual se propone el empleo de especies forestales (indígenas e introducidas) de crecimiento rápido y madera de amplio uso, con el propósito de lograr en los próximos años un nivel de autosuficiencia en madera aserrada y postes de servicio público. Actualmente ya se tienen definidas 250 000,00 ha en diferentes polos productivos del país, y se han identificado un grupo de especies que darán respuestas a mediano plazo a las demandas de la economía nacional de diferentes productos forestales. Por tanto, el desarrollo de una silvicultura idónea, fundada en los principios del manejo forestal sostenible y la demanda de la economía nacional, permitiría la reducción de las importaciones y ahorro en divisas, además de producirse el volumen máximo de madera en una superficie mínima a un costo mínimo por unidad de volumen.</p>	
<p><b>Beneficios:</b> <i>Con el empleo de tubetes plásticos en la producción de posturas, la adecuada selección de las especies, la fertilización en el primer año y el control de la maleza en los primeros tres años de vida, entre otras medidas, se puede esperar incrementos significativos (entre 20 y 25 <math>\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}</math>) para las mejores clases de sitio (I, II, y III). También se alcanzarían menores costos, incluyendo los de aprovechamiento por <math>\text{m}^3</math> de madera producido y los relacionados con la protección contra incendios. Los recursos materiales y financieros se concentrarían en un área reducida, requiriéndose de menos superficie de tierra para producir igual cantidad de madera, además de lograrse mejor control del crecimiento y rendimiento.</i></p>	

Anexo 5. Ficha Técnica de la Tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño, de la explotación de pozos de bombeo poco profundos para la extracción de agua y para la recarga del manto subterráneo”.

<b>Sector Recursos Hídricos</b>	
<b>Subsector Suministro de Agua</b>	<i>Perforación, recubrimiento y diseño, de la</i>

<b>Opción Tecnológica</b>	<i>explotación de pozos de bombeo poco profundos para la extracción de agua y para la recarga al manto subterráneo.</i>
<p>El potencial hídrico de aguas subterráneas del país asciende a 6.456,0 km<sup>3</sup>. Los acuíferos más importantes, desde el punto de vista de la capacidad de almacenamiento, están distribuidos hacia el occidente y centro de la isla, además en la región oriental, otras ciudades y poblados en Cuba, se abastecen fundamentalmente de aguas subterráneas, aunque también aprovechan las aguas superficiales embalsadas. La mayor parte de estos se ubican y drenan hacia la costa sur. En el caso del agua subterránea, la recarga depende, casi exclusivamente, de la lluvia que cae en los seis meses del período lluvioso.</p> <p>La temperatura media anual del aire en el territorio nacional se ha elevado en el orden de 0.5°C. La frecuencia de los eventos de sequía también se ha incrementado significativamente, mientras que los huracanes que afectan a Cuba muestran una tendencia secular a la reducción. Todo esto implica que existen afectaciones que deben preverse y tratar de mitigarse, mediante el uso eficiente del recurso.</p> <p>Cuba, tiene como característica que su territorio es eminentemente cársico, aproximadamente el 70% del territorio nacional. Los pozos utilizados para suministro de agua, tanto a la población como a las industrias y la agricultura, son perforados determinando en primer término la geología presente y por tanto es factible estar en presencia de acuíferos con características que permitan su explotación para el uso al cual se destinen.</p> <p>Utilizar tecnologías novedosas para la perforación y explotación de pozos con diferentes usos, así como su diseño, incluyendo la recarga del manto freático, tanto con aguas procedentes de escorrentías como de residuales debidamente tratados, permitirá garantizar la efectividad y prontitud en su excavación, así como, la determinación de los volúmenes a extraer y calidad de sus aguas. Ocurriendo lo mismo con aquellos pozos dedicados al abasto para cualquiera de los usos previstos, abasto a población, industrias y agricultura.</p>	
<p><b>Beneficios:</b> <i>Abastecer de forma segura a poblaciones, la agricultura y la industria, garantizando calidad y estabilidad en el servicio del agua de acuerdo a su uso.</i></p>	

<b>Costo de Capital</b>	\$ 147 220
<b>Sector Recursos Hídricos</b>	
<b>Suministro de Agua</b>	<i>Tecnologías que permitan aumentar la efectividad de las reducciones de carga contaminante, principalmente orgánicas y biodegradables que se disponen en aguas subterráneas.</i>
<b>Opción Tecnológica</b>	
<p>El INRH posee un inventario correspondiente a las fuentes contaminantes, obteniéndose un total de 2115 fuentes que afectan directa o indirectamente el medio ambiente acuático, sobre las que se acciona para disminuir la carga contaminante que estas aportan a los ecosistemas acuáticos superficiales y subterráneos.</p> <p>El CITMA con la participación del INRH y los principales organismos productores del país; MINAG, AZCUBA, MINBAS y SIME, entre otros, llevan a cabo un programa de reducción de carga contaminante dispuesta a los cuerpos receptores superficiales, suelos y aguas subterráneas, lo que ha traído reducciones importantes de la carga y con ello, de las condiciones higiénico-sanitarias.</p> <p>Aplicar la norma NC-93-01-209: 1990 "Procedimientos de cálculo para la determinación de la zona de protección sanitaria", establecida para una fuente de abasto enclavada en un acuífero, es la vía fundamental para lograr efectividad de la carga contaminante que se dispone sobre las aguas subterráneas.</p> <p>Las formas de las zonas de protección dependen de circunstancias hidrogeológicas diferentes y varían de lugar a lugar. Así dependen de la capacidad de auto-depuración del suelo y del acuífero, la cual no es una propiedad uniforme sino que depende de factores climatológicos, hidrogeológicos y biológicos.</p> <p>Reducir paulatinamente la carga contaminante que se dispone en los cuerpos receptores subterráneos, mediante la construcción de sistemas de tratamiento y elevar el re-uso de las aguas residuales tratadas, con lo que se incrementan de manera relativa las disponibilidades de agua para</p>	

<p>usos que requieren de mayor calidad.</p> <p>Fortalecer el papel del aparato de inspección estatal de los recursos hidráulicos, en función del cumplimiento de la legislación vigente y el control de las medidas para su segura administración.</p> <p>La reducción de la carga contaminante hacia las aguas subterráneas permiten proteger las aguas subterráneas contra la contaminación y el agotamiento de sus reservas no es más que el conjunto de medidas encaminadas a la preservación del estado cuantitativo y cualitativo de éstas.</p>	
<p><b>Beneficios:</b> <i>Lograr un bienestar común, en interés de los suministros de agua existentes o potenciales es importante para preservar las reservas hídricas de los acuíferos.</i></p>	
<b>Costo de Capital</b>	\$ 875 000

**Anexo 7. Ficha Técnica de la Tecnología “control de la intrusión salina en las cuencas hidrográficas superficiales y acuíferos”.**

<b>SECTOR HÍDRICO</b>	
<b>Gestión de Cuencas</b>	<i>Tecnologías para el control de la intrusión salina en las cuencas hidrográficas superficiales y acuíferos.</i>
<b>Opción Tecnológica</b>	
<p>El potencial hídrico del país asciende a 38.139,0 km<sup>3</sup> al año, de ellos 31.683,0 km<sup>3</sup> corresponden al escurrimiento superficial y 6.456,0 km<sup>3</sup> a las aguas subterráneas. De este potencial son utilizables 23.988,0 km<sup>3</sup>.</p> <p>En total existen 563 cuencas fluviales, de las cuales 236 desaguan en la costa norte, mientras que las 327 restantes lo hacen en la costa sur. La mayoría de las cuencas son pequeñas: 478 poseen una extensión superficial inferior a los 200 km<sup>2</sup> y sólo 14 superan los 1.000 km<sup>2</sup>. El Cauto, ubicado en la Región Oriental, es el mayor de los ríos de Cuba y su cuenca abarca un área aproximada de 9.000 km<sup>2</sup>.</p> <p>Existen aproximadamente 165 unidades hidrogeológicas evaluadas (cuencas, tramos y zonas), en 86 de las cuales se almacena el 77 % (4.971.1 km<sup>3</sup>) del volumen total de agua subterránea. De las unidades más importantes, 16 son cerradas y 70 abiertas al mar, por</p>	

lo que más del 80 % tienen problemas de intrusión salina.

En la actualidad, existen un total de 240 embalses construidas, más de 800 micro presas, 11 estaciones de bombeo, 800 Km. de canales magistrales, 1.287 Km. de diques de protección contra inundaciones.

El control de la intrusión salina en las cuencas hidrográficas superficiales y acuíferos plantea la alternativa de desarrollar un control efectivo y periódico del uso del agua (mediante el balance de agua del INRH) en el caso de los acuíferos, los cuales como ecosistemas hídricos son más propensos a salinizarse por encontrarse en contacto con el agua de mar, esto se garantiza con un control técnico periódico sobre la calidad y la salinidad.

La reubicación de pozos de zonas bajas de los acuíferos abiertos, sobre todo aquellos que se localizan a menos de 2-3 km de distancia de la costa, para zonas altas donde la intrusión salina

**Beneficios:** *Asegurar la calidad del agua para el uso al cual están destinadas y disminuir los efectos de la salinidad sobre los acuíferos.*

**Anexo 8. Ficha Técnica de la Tecnología “Sistema de monitoreo y evaluación sistemática de las aguas subterráneas”.**

<b>SECTOR HÍDRICO</b>	
<b>Gestión de Cuencas</b>	<b><i>Sistema de monitoreo y evaluación sistemática de las aguas subterráneas.</i></b>
<b>Opción Tecnológica</b>	
<p>Aproximadamente el 70% del territorio nacional, tiene como característica el nivel cársico del mismo. Razón por la cual es posible contar con acuíferos (165 unidades hidrogeológicas) suficientes para garantizar el abasto a muchas ciudades y poblados.</p> <p>El Servicio Hidrológico Nacional (INRH) tiene organizado en el país una red compuesta por 1.683 pozos de observación del régimen de las aguas subterráneas y por un total de</p>	

2.274 estaciones de calidad del agua (63% aguas subterráneas).

Las observaciones de niveles y de calidad de agua para evaluar el comportamiento de la intrusión salina y la calidad del agua de los acuíferos cársicos costeros que están en relación hidráulica con el mar, es una actividad sistemática del INRH, orientada a la mejor administración del recurso, así como a su preservación y protección, soportada además, por la actividad de la inspección estatal del propio sistema y por los análisis en los Consejos de Cuencas territoriales y específicos.

Disponer en el país de un sistema de monitoreo y una evaluación sistemática cuantitativo y cualitativo de las aguas subterráneas, posibilita en primer término el control sobre los niveles hídricos que garantizan que el recurso no se sobreexplota asegurando de esta forma que los acuíferos abiertos (comunicados con el mar) no sufra intrusión salina. Otro aspecto fundamental se basa en el control de la calidad del agua, lo que evita afectaciones para la salud por ingestión de niveles salinos superiores a los permitidos para el organismo humano, así como, la prevención de las enfermedades de origen hídrico, (cólera, amebiasis, hepatitis, tífus, giardiasis, etc.).

**Beneficios:** *Garantizar un suministro de agua en cantidad con la calidad requerida para el abasto a la población con el objetivo principal de prevenir las enfermedades de origen hídrico.*

## Anexo 9. Ficha Técnica de la Tecnología “construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.

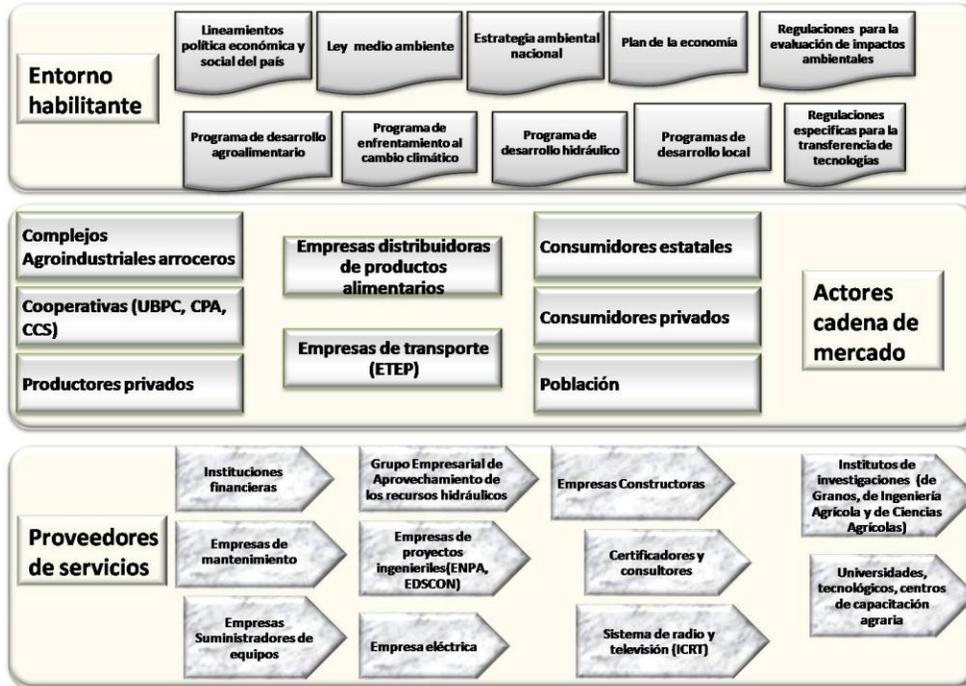
<b>Sector Zonas Costeras</b>	
<b>Subsector Ordenamiento territorial</b>	<i>Tecnologías constructivas apropiadas,</i>
<b>Opción Tecnológica</b>	<i>“Tecnologías para construir viviendas por encima de la cota de inundación”.</i>
<p>La selección de esta tecnología se basa en las evaluaciones realizadas en la zona costera cubana asociadas al ascenso del Nivel Medio del Mar (NMM) para los años 2050 y 2100 y de las evaluaciones realizadas sobre los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos a nivel territorial sobre inundaciones por penetraciones y la elevación del nivel medio del mar, intensas lluvias y afectaciones por fuertes vientos. Basados en estas evaluaciones se seleccionó la zona costera comprendida entre el delta del Río Cauto con una longitud de 343,4 km y el municipio Manzanillo, cuya ciudad del mismo nombre es muy susceptible a las inundaciones costeras, debido a que la red hidrográfica existente en la provincia con sus cuencas, presentan problemas de mal drenaje y erosión. Está prevista la elevación del nivel medio del mar en esta zona en aproximadamente 0,27 cm para el año 2050.</p> <p>En los municipios costeros de esta zona, fundamentalmente en el municipio Manzanillo, las viviendas son altamente vulnerables a fuertes vientos e inundaciones ya que tienen un predominio de estado técnico de regular a malo, de soportería de madera rolliza, cubiertas de guano, tejas de cartón asfáltico, papel embreado (Tipología V). Se estima que se afectan aproximadamente 3 373 habitantes y 900 viviendas (Huracán Categoría I)</p> <p>Se requiere en esta zona costera la construcción de viviendas resistentes a fuertes vientos e inundaciones costeras tomando en consideración las vulnerabilidades estructurales existentes y los peligros de elevación del nivel medio del mar. Esta tecnología deberá contemplar la resistencia de cubiertas de techos, cimentaciones, paredes y elevaciones de éstas sobre la cota de inundación prevista.</p>	
<p><b>Beneficios:</b> Disminuir la vulnerabilidad de las viviendas de la zona costera en el tramo del delta del Río Cauto así como el nivel de exposición de sus pobladores ante las inundaciones por penetraciones del mar y por otros eventos hidrometeorológicos extremos.</p>	
<p><b>Costo Capital:</b> No datos.</p>	

## Anexo 10. Ficha Técnica de la Tecnología “barreras muertas y defensa contra inundaciones”.

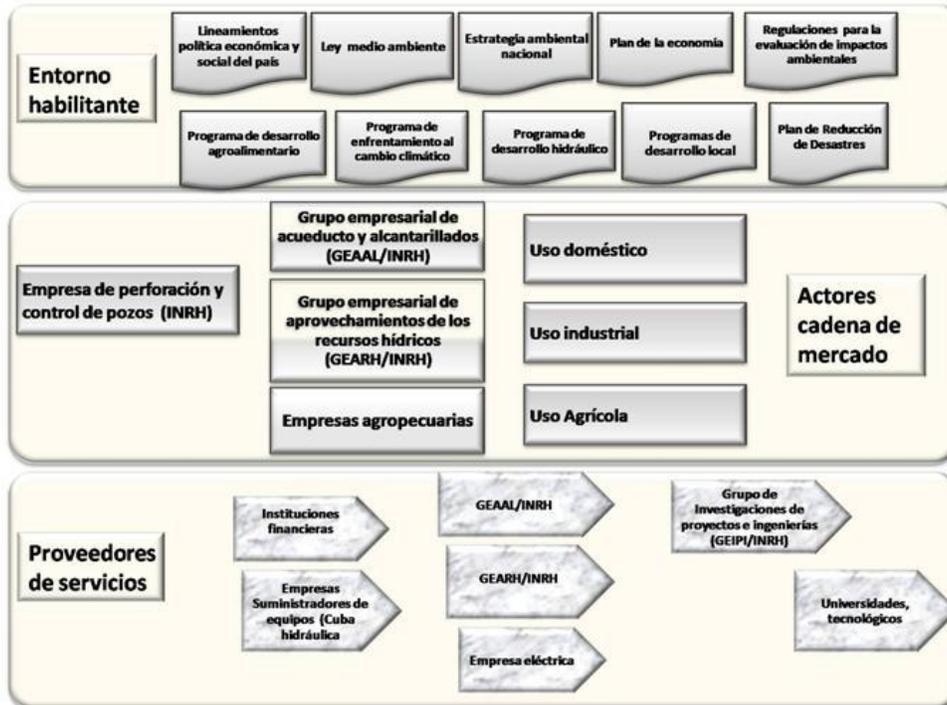
<b>Sector Zonas Costeras</b>	
<b>Subsector Manejo de Zonas Costeras</b>	<i>Barreras muertas y defensa contra inundaciones.</i>
<b>Opción Tecnológica</b>	<i>“Eco-tecnología para la protección y conservación de los manglares”</i>
<p>De acuerdo a evaluaciones realizadas sobre peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana asociados al ascenso del Nivel Medio del Mar (NMM) para los años 2050 y 2100 se seleccionaron los tramos de costa con presencia de manglares correspondientes a Manzanillo, Pilon y Macio pertenecientes a la provincia Granma. Los tramos de costa de Pilon y Macio pertenecen al Parque Nacional Desembarco del Granma declarado como un área protegida y en la zona costera de Manzanillo se desarrollan actividades pesqueras. De forma general, estas zonas son bajas y cenagosas, lo que la hacen muy vulnerables ante las inundaciones por penetraciones y la elevación del nivel medio del mar.</p> <p>Los bosques de manglares son barreras naturales contra inundaciones, son elementos de vital importancia para la protección de la zona costera. Los manglares de estos tramos costeros abarcan un área aproximada de 1 528 ha presentando diferentes grados de deterioro producto de las acciones antrópicas y las condiciones naturales del territorio. Resulta de vital importancia su protección y conservación como barreras naturales ante inundaciones por penetraciones del mar ante eventos meteorológicos y avance de la cuña salina.</p> <p>Esta eco-tecnología parte del conocimiento de la salud de los manglares a partir de la evaluación de parámetros estructurales, fisiológicos y de soporte y de la definición de las afectaciones naturales y antrópicas que están afectando los manglares de esas zonas. En correspondencia con lo anterior se propone un paquete eco-tecnológico que incluye acciones ingenieras: hidrológicas, nivelaciones del suelo y disipadoras de oleaje, entre otras, así como siembra por regeneración natural y/o artificial.</p>	
<p><b>Beneficios:</b> Disminuir la vulnerabilidad de las comunidades e instalaciones de importancia económica y social ante inundaciones por penetración del mar, protección de la biodiversidad, aumento de la calidad del agua subterránea por disminución de la intrusión salina. Disminución del retroceso de la línea de costa.</p>	
<p><b>Costo Capital:</b> No datos.</p>	

## Anexo 11. Ficha Técnica de la Tecnología “recuperación y mantenimiento de playas”.

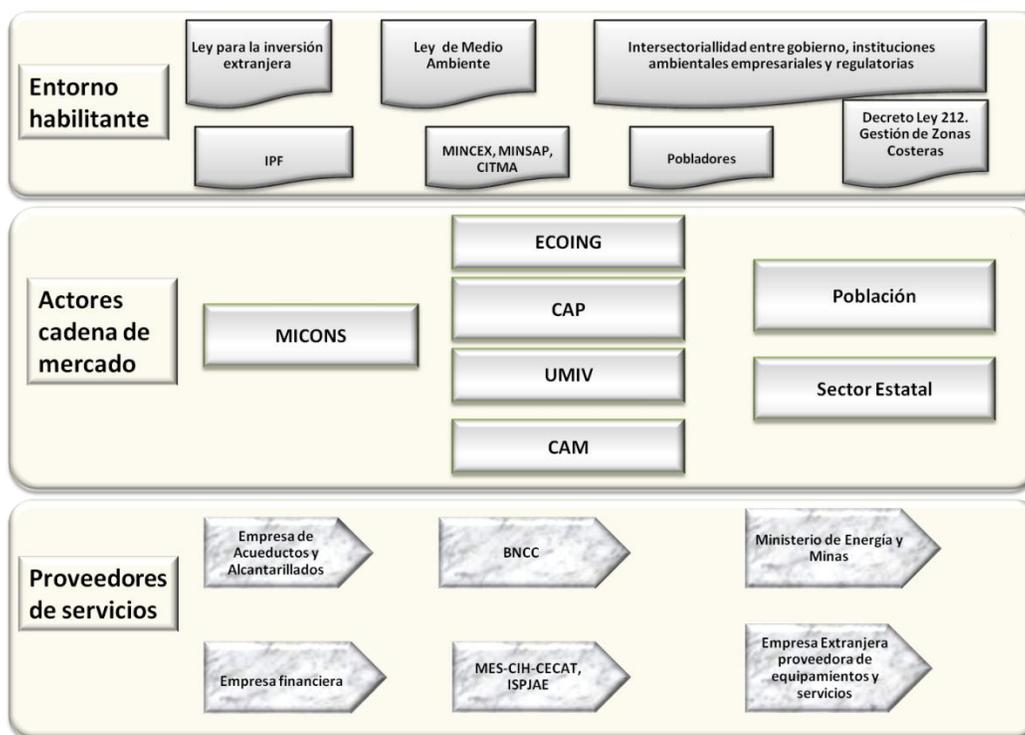
<b>Sector Zonas Costeras</b>	
<b>Subsector Manejo de Zonas Costeras</b>	<i>Restauración de playas.</i>
<b>Opción Tecnológica</b>	<i>“Tecnología para la recuperación y mantenimiento de playas”</i>
<p>De forma general, la zona seleccionada en la provincia Granma, cuenta con costas bajas y cenagosas rodeadas de mares poco profundos lo que hace a la misma vulnerable ante las penetraciones y la elevación del nivel medio del mar.</p> <p>De acuerdo a evaluaciones realizadas en la zona costera cubana asociadas al ascenso del Nivel Medio del Mar (NMM) para los años 2050 y 2100 se seleccionó del conjunto de playas que posee la provincia de Granma: Marea del Portillo, Ranchón y El Macío debido a la ocurrencia de procesos erosivos que afectan dichas playas y que reducen su papel de protección costera. De especial interés es la playa Marea del Portillo (1 km de longitud) por constituir el soporte de un polo turístico de importancia en el territorio y en el país.</p> <p>Con vistas a minimizar los impactos de los fenómenos hidrometeorológicos extremos y del peligro dada la elevación del nivel medio del mar se propone la implementación de la tecnología la cual comprende acciones de recuperación y/o mantenimiento de las playas, en función de las características del medio físico en el que están ubicadas cada una de ellas, su estado de conservación y el uso de las mismas. Para ello se requerirá de equipamiento para la evaluación de las condiciones morfológicas y dinámicas de la zona costera y a partir del diseño de las acciones de ingeniería costera, se requerirá equipamiento para garantizar la extracción y vertido de sedimentos, su posterior estabilización y seguimiento de las condiciones creadas.</p>	
<p><b>Beneficios:</b> Mitigar los efectos de los procesos erosivos que afectan las playas recuperando sus condiciones para proteger la zona costera y el hábitat de flora y fauna, reducir las inundaciones y contribuir a la sostenibilidad del desarrollo turístico nacional e internacional.</p>	
<p><b>Costo Capital:</b> No datos.</p>	



Anexo 1. Mapa de mercado para la tecnología “Manejo del agua en sistemas de producción de arroz”.



Anexo 2. Mapa de mercado para la tecnología “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación, de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.



Anexo 3. Mapa de mercado para la “tecnología para la construcción de viviendas por encima de la cota de inundación”.

### Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución relacionados con temas de agricultura:

58. Aplicar un régimen especial tributario diferenciado y flexible para estimular las producciones agropecuarias.

87. Propiciar un acelerado proceso efectivo de sustitución de importaciones, con mecanismos que estimulen y garanticen la máxima utilización posible de todas las capacidades de que dispone el país en el sector agrícola, industrial, en servicios y en recursos humanos.

136. En la actividad agroindustrial, se impulsará en toda la cadena productiva la aplicación de una gestión integrada de ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente, orientada al incremento de la producción de alimentos y la salud animal, incluyendo el perfeccionamiento de los servicios a los productores, con reducción de costos, el mayor empleo de componentes e insumos de producción nacional y del aprovechamiento de las capacidades científico-tecnológicas disponibles en el país.

152. Actualizar los programas de formación e investigación de las universidades en función de las necesidades del desarrollo económico y social del país y de las nuevas tecnologías, e incrementar la matrícula en carreras agropecuarias, pedagógicas, tecnológicas y de ciencias básicas afines.

180. Lograr la autonomía de gestión de las distintas formas de cooperativas e introducir de forma gradual las cooperativas de servicios en la actividad agroindustrial a escala local.

181. Adecuar la producción agroalimentaria a la demanda y la transformación de la comercialización, elevando la calidad y exigencia en los contratos, para que las partes cumplan sus obligaciones; limitando la circulación centralizada a aquellos renglones vinculados a los balances nacionales; otorgando un papel más activo a los mecanismos de libre competencia para el resto de las producciones.

182. Reestructurar el actual sistema de comercialización de los insumos y equipamiento, considerando el nuevo escenario de la actividad agroalimentaria y los mecanismos financieros que se implanten, asegurando una adecuada correspondencia entre la calidad y los precios de los productos ofertados, facilitando el acceso directo de las formas productivas y los productores a estos recursos a través de la red de establecimientos que se habiliten en los territorios.

183. Transformar el sistema de acopio y comercialización de las producciones agropecuarias mediante mecanismos de gestión más ágiles que contribuyan a reducir las pérdidas, al simplificar los vínculos entre la producción primaria y el consumidor final, incluyendo la posibilidad de que el productor concorra al mercado con sus propios medios. Incrementar y perfeccionar la actividad de beneficio para mejorar la calidad de los productos que se oferten.

184. Priorizar, a corto plazo, la sustitución de importaciones de aquellos alimentos que puedan ser producidos eficientemente en el país. Los recursos para potenciarla deberán concentrarse donde existan mejores condiciones para su empleo más efectivo, a fin de elevar los rendimientos y la eficiencia de la producción; asimismo, deberá potenciarse la aplicación de los resultados de la ciencia y la técnica.

185. Organizar la producción agropecuaria en aquellas actividades generadoras de ingresos externos o que sustituyan importaciones, aplicando un enfoque sistémico o de cadena productiva que comprenda no solo la producción primaria, sino todos los eslabones que se articulan en torno

al complejo agroindustrial. Estas cadenas se desarrollarían con los propios recursos del sistema, a partir de los ingresos netos por exportaciones o de los ahorros por sustitución de importaciones. En la organización de la producción del resto de las actividades, deberá predominar, sobre todo, un enfoque territorial, dirigido al autoabastecimiento a ese nivel, con énfasis en la ejecución del programa de la agricultura suburbana, que deberá extenderse a todo el país.

186. Vincular adecuadamente los polos productivos agropecuarios y la industria procesadora, a fin de garantizar el abastecimiento a las grandes ciudades, a la exportación y al mercado interno en divisas.

187. Continuar reduciendo las tierras improductivas y aumentar los rendimientos mediante la diversificación, la rotación y el policultivo. Desarrollar una agricultura sostenible en armonía con el medio ambiente, que propicie el uso eficiente de los recursos fito y zoogenéticos, incluyendo las semillas, las variedades, la disciplina tecnológica, la protección fitosanitaria, y potenciando la producción y el uso de los abonos orgánicos, biofertilizantes y biopesticidas.

188. Desarrollar una política integral que contribuya a potenciar la producción, beneficio, conservación y comercialización de semillas.

190. Mantener el papel regulador del Estado en la formación del precio de acopio de productos agropecuarios que sustituyen importaciones o generan exportaciones, para estimular a los productores primarios. Se tendrá en cuenta el comportamiento de los precios en el mercado internacional.

193. Asegurar el cumplimiento de los programas de producción de arroz, frijol, maíz, soya y otros granos que garanticen el incremento productivo, para contribuir a la reducción gradual de las importaciones de estos productos.

201. Concentrar las inversiones en los productores más eficientes, teniendo en cuenta las características territoriales y el vínculo con la industria, dirigiéndolas prioritariamente al riego, a la recuperación de la maquinaria agrícola, el transporte tecnológico, así como a nuevas tecnologías y equipamiento industrial imprescindible para asimilar los incrementos productivos y alcanzar mayor eficiencia.

202. Reorganizar las actividades de riego, drenaje y los servicios de maquinaria agrícola para lograr un uso racional del agua, la infraestructura hidráulica y los equipos agrícolas disponibles, combinando el uso de la tracción animal con tecnologías de avanzada.

204. Actualizar y ejecutar programas dirigidos a la preservación y rehabilitación de los recursos naturales que se utilizan: suelos, agua, bosques, animales y plantas, capacitando a los productores en gestión ambiental y aplicando con mayor rigor las regulaciones establecidas y la penalización por sus violaciones.

**Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución relacionados con temas de recursos hídricos:**

279. El balance de agua constituirá el instrumento de planificación mediante el cual se mida la eficiencia en el consumo estatal y privado, respecto a la disponibilidad del recurso.

280. Continuará desarrollándose el programa hidráulico con inversiones de largo alcance para enfrentar mucho más eficazmente los problemas de la sequía y del uso racional del agua en todo el país, elevando la proporción del área agrícola bajo riego.

281. Se priorizará y ampliará el programa de rehabilitación de redes, acueductos y alcantarillados hasta la vivienda, con el objetivo de disminuir las pérdidas de agua en el mediano plazo, reduciendo consecuentemente el consumo energético e incrementando su reciclaje.

282. En atención a propiciar una cultura para el uso racional del agua, estudiar el reordenamiento de las tarifas del servicio, incluyendo alcantarillado, con el objetivo de la disminución gradual del subsidio; así como reducir paulatinamente el derroche en su uso. Regular de manera obligatoria la medición del gasto y el cobro a los clientes estatales y privados.

**Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución relacionados con temas de zonas costeras:**

133. Sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y adecuar la política ambiental a las nuevas proyecciones del entorno económico y social. Priorizar estudios encaminados al enfrentamiento al cambio climático y, en general, a la sostenibilidad del desarrollo del país. Enfatizar la conservación y uso racional de recursos naturales como los suelos, el agua, las playas, la atmósfera, los bosques y la biodiversidad, así como el fomento de la educación ambiental.

196. Desarrollar un programa integral de mantenimiento, conservación y fomento de plantaciones forestales que priorice la protección de las cuencas hidrográficas; en particular, las presas, las franjas hidrorreguladoras, las montañas y las costas.

293. Deberá prestarse especial atención al aseguramiento de los programas de viviendas a nivel municipal, a partir de las materias primas existentes en cada lugar y las tecnologías disponibles para fabricar los materiales necesarios.

#### Lista de los actores involucrados y sus contactos.

No	Nombre Apellidos	Centro	E-mail	Teléfono
<b>Grupo de coordinadores</b>				
1.	Iván Relova	CUBAENERGIA	irelova@cubaenergia.cu	2059949
2.	Wenceslao Carrera	CUBAENERGIA	wenceslao@cubaenergia.cu	2059949
3.	Manuel Álvarez González	CUBAENERGIA (director)	malvarez@cubaenergia.cu	2027527
4.	Daniel López Aldama	(Dir. Desarrollo) IDICT Dir General	aldama@idict.cu	202 75 91
<b>Agricultura y Recursos Hídricos</b>				
5.	Bárbara Garea	InSTEC	bgarea@instec.cu	873 82 14
6.	Daniel Rodríguez	InSTEC	daniel@instec.cu	878 98 62
7.	Zarahí González	InSTEC	zarahi@intec.cu	864 22 08
8.	Orlando Laíz	EIPHH/INRH	olaiza@hidraulicos.cu	691 25 33
9.	Greco Cid Lazo	MINAG	greco@iagric.cu	641 19 71
10.	Armando Aruca	InSTEC	armando@instec.cu	879 86 43

	Bacallao			
11.	Mario Herrera Soler	InSTEC	mariohs@instec.cu	884 73 68
<b>Zonas Costeras</b>				
12.	Leda Menéndez	CENBio/IES/CITMA	leda@ecologia.cu	640 29 31
13.	Rocío Suárez	CENBio/IES/CITMA	rocio@ecologia.cu	694 13 67
14.	Leonel Peña Fuentes	IDO	leonel@oceano.inf.cu	271 60 08
15.	Sonia Orúe Valdés	AMA	sonia@ama.cu	206 54 19
16.	Luís Córdova	ISPJAE-CIH	cordova@tesla.cujae.edu.cu	266 34 66
17.	Carlos Llanes Burón	ISPJAE-CECAT	llanes@cecat.cujae.edu.cu	266 38 36
18.	Venus Delgado Hidalgo.	AMA (esp)	venus.hidalgo@ama.cu	206 54 19
19.	Fara S. Carreras Armenteros	IPF	fara@ip.cu	
20.	Elizabeth Roy	CENBio/IES/CITMA	eroy@ecologia.cu	694 13 67
21.	Roberto Pérez	AMA. Admón. Mpio. Güira de Melena	rperez@ama.cu	202 55 47
22.	Mirella Acosta Lorenzo	AMA	camguira@gobart.co.cu	(047) 42 37 13
23.	Odil Durán	IGT	odill@geotech.cu	832 02 62
<b>Otros Actores</b>				

24.	Enrique Landa	CUBAENERGIA	elanda@cubaenergia.cu	2059949
25.	Lisandra Núñez	CUBAENERGIA	lisi@cubaenergia.cu	2059949
26.	Axel Mulet Diéguez	IDICT Dir.BIOMUNDI	axel@biomundi.inf.cu	271 28 23
27.	Anays Mas Basnuevo	IDICT/BIOMUNDI	anays@biomundi.inf.cu	272 06 02
28.	Ubaldo Socarras	IDICT/BIOMUNDI	ubaldo@idict.cu	207 88 94
29.	José Manuel Villaroel	CETRA/ MITRANS	diagnostico@it.transnet.cu	7937051ext. 268
30.	Ileana López	CUBAENERGIA	ilopez@cubaenergia.cu	206 20 64
31.	Belkis Soler	CUBAENERGIA	belkis@cubaenergia.cu	206 20 64
32.	David Pérez	CUBAENERGIA	davidp@cubaenergia.cu	206 20 64
33.	Alfredo Curbelo	CUBAENERGIA	acurbelo@cubaenergia.cu	2062062
34.	Oscar Jiménez	CUBAENERGIA	oscar@cubaenergia.cu	2062062
35.	Yoel Iluminado Lastre	CUBAENERGIA	yoel@cubaenergia.cu	2062062
36.	Ariel Rodríguez Rosales	CUBAENERGIA	rosales@cubaenergia.cu	2062062
37.	Alina Martínez	CUBAENERGIA	alina@cubaenergia.cu	2062062
38.	Luis Paz Castro	INSMET	luis.paz@insmet.cu	868 6671
39.	José Somoza Cabrera	CEMA-UH	pepes@imre.oc.uh.cu	
40.	Orlando Rey Santos	AMA	orlando@ama.cu	

41.	Anubys Lucas, (DCI)	DRI	anubys@citma.cu	209 24 58
42.	Elaine Valton Legrá	DCTI	elaine@citma.cu	209 24 58

### Comité Nacional TNA.

- 1 Dr. David Pérez Martín, Experto principal del grupo de Mitigación-CUBAENERGIA, CITMA.
- 2 Dr. Iván Relova Delgado, Coordinador TNA-CUBAENERGIA, CITMA.
- 3 Dr. Luis Paz Castro, Coordinador de estudios de la segunda comunicación, INSMET, CITMA.
- 4 Dr. Vito Quebedo, Director Nacional de la Ciencia Tecnología e Innovación, CITMA.
- 5 Dr. Vladimir Guevara, Coordinador nacional del proyecto de la segunda comunicación para el cambio climático, INSMET, CITMA.
- 6 Dr. Wenceslao Carrera Doral, Experto principal TNA-CUBAENERGIA, CITMA.
- 7 Dra. Bárbara I. Garea, Experto principal del grupo de Adaptación- InSTEC, MES.
- 8 Dra. Elaine Valton, Especialista principal de la Ciencia Tecnología e Innovación, CITMA.
- 9 Dra. Gisela Alonso, Presidenta de la Agencia de Medio Ambiente, CITMA.
- 10 Katia Alonso, Directora de Inversiones, MINCEX.
- 11 Lic. Enrique Moret Hernandez, Director Nacional Cooperación Internacional, CITMA.
- 12 Lic. Manuel Álvarez Gonzales, Director de CUBAENERGIA, CITMA.
- 13 Lic. Orlando Rey Santos, Director Nacional de Medio Ambiente, CITMA.
- 14 MSc. América Santos, Vice Ministra del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente; CITMA.
- 15 MSc. José Fidel Santana Núñez, Presidente de la Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada. CITMA.
- 16 MSc. Sonia Orúe, Experto principal del grupo de Adaptación- AMA, CITMA.
- 17 Pedro L. Pedrosa Cuesta, Director Dirección de Asuntos Multilaterales, MIREX.

### Comité Técnico TNA Adaptación.

- 1 Dr. Carlos Llanes Burón, J' de Investigaciones CECAT Facultad de Ingeniería Civil (ISPJAE) MES.
- 2 Dr. Greco Cio Lazo, Especialista del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IIAagri), MINAG.
- 3 Dr. Iván Relova Delgado, Coordinador de la Oficina Técnica de MDL-CUBAENERGIA, CITMA.
- 4 Dr. Leonel Peña Fuentes, Instituto de Oceanografía, CITMA.
- 5 Dr. Luis Paz Castro, Especialista del Instituto de Meteorología (INSMET) CITMA.
- 6 Dr. Mario Herrera Soler, Profesor e Investigador del InSTEC, MES.
- 7 Dra. Barbara I. Garea Moreda, Rectora del InSTEC, MES.
- 8 Dra. Herminia Serrano, J' del Grupo de Peligro Vulnerabilidad y Riesgos (PVR) AMA, CITMA.
- 9 Dra. Leda Menéndez, Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA.

- 10 Ing. Daniel Rodríguez, Profesor e Investigador del InSTEC, MES.
- 11 Lic. Odalys Álvarez Cisneros, Grupo Empresarial de Montaña, MINAG.
- 12 Lic. Orlando Laíz, Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos, INRH.
- 13 Lic. Rocío Suárez, Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA.
- 14 Lic. Venus Delgado Hidalgo, Especialista del Grupo de Peligro Vulnerabilidad y Riesgos (PVR) AMA, CITMA.
- 15 Lic. Zarahí González, Profesor e Investigador del InSTEC, MES.
- 16 Luis Córdova, Facultad de ingeniería Civil (ISPJAE), MES.
- 17 MSc. Armando Aruca, Profesor e Investigador del InSTEC, MES.
- 18 Msc. Daniel López Aldama, Director del Instituto de información Científico-Técnico, CITMA.
- 19 Msc. Lorenzo Brito Galloso, Agencia de Medio Ambiente, CITMA.
- 20 Msc. Sonia Orúe, Especialista del Grupo de Peligro Vulnerabilidad y Riesgos (PVR) AMA, CITMA.