

PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIA CAMBIO CLIMÁTICO EN CUBA

APORTES 2013 -2018

Editores

Dr. Eduardo O. Planos Gutiérrez | Dr. Tomás L. Gutiérrez Pérez

Dr. René Capote López | MSc. Grisel Barranco Rodríguez

Dra. Dalia Salabarría Fernández | Dr. Miguel A. Vales García



Realizado con la contribución de los proyectos:

TERCERA COMUNICACIÓN NACIONAL
Y PRIMER REPORTE DE ACTUALIZACIÓN BIENAL

Proyecto GEF/PNUD

BASES AMBIENTALES PARA LA SOSTENIBILIDAD ALIMENTARIA LOCAL

Proyecto Unión Europea/COSUDE/PNUD

REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD AMBIENTAL A LAS INUNDACIONES
COSTERAS

MEDIANTE ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMA EN EL SUR
DE LAS PROVINCIAS DE ARTEMISA Y MAYABEQUE.

Proyecto Fondo de Adaptación/PNUD

Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra,
citándola de la forma siguiente:

*Planos, E; T. Gutiérrez, R. Capote, G. Barranco, D. Salabarría y M. Vales (Eds.)
2018. Aportes 2013-2018 del Programa Nacional de Ciencia Cambio Climático
en Cuba: Impactos, Adaptación y Mitigación. Agencia de Medio Ambiente.*

ISBN: 978-959-300-138-0. Editorial AMA.

© Agencia de Medio Ambiente



SUMARIO

- 1 ● **INTRODUCCIÓN** 6
- 2 ● **APORTES AL CONOCIMIENTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO** 14
 - **Procesos físicos** 15
 - Variabilidad y cambios en el clima 15
 - Evaluación de país 15
 - Isla de la Juventud 19
 - Cienfuegos 20
 - Futuro climático de Cuba 21
 - Estudios paleoclimáticos 24
 - Aguas oceánicas adyacentes 26
 - **Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero** 28
 - Inventario Nacional 28
 - Bosques 30
 - Sector cafetalero 33
 - Sector del Transporte 34
 - Sector energético 35
 - **Sector Agropecuario** 39
 - Cultivos varios en Ciego de Ávila 39
 - Café en el municipio Tercer Frente de Santiago de Cuba 42

| | | | |
|----------|---|---|-----|
| ● | ● | Ganadería en Mayabeque | 44 |
| ● | ● | Biodiversidad | 46 |
| ● | ● | ● Biodiversidad Natural | 47 |
| ● | ● | ● Agrodiversidad | 56 |
| ● | ● | Medio ambiente | 63 |
| ● | ● | ● Evaluaciones integrales | 64 |
| ● | ● | ● Recursos naturales | 74 |
| ● | ● | ● Bienestar humano | 75 |
| 3 | ● | USO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMÁTICA | 78 |
| 4 | ● | RETOS PARA LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO | 82 |
| ● | ● | ● Estudio de procesos físicos, | |
| ● | | vulnerabilidades e impactos | 83 |
| ● | ● | ● Gases de efecto de invernadero | |
| ● | | y mitigación | 86 |
| ● | ● | ● Mitigación | 87 |
| ● | | Sociedad y economía | 89 |
| ● | ● | ● Adaptación | 90 |
| ● | ● | ● Temas específicos para nuevos | |
| ● | | proyectos | 92 |
| 5 | ● | PROYECTOS EJECUTADOS 2013-2018 | 94 |
| 6 | ● | AUTORES DE RESULTADOS | 100 |

INTRODUCCIÓN





La primera evaluación del impacto del cambio climático en Cuba se realizó en el año 1991, coordinado por la Comisión para el Cambio Climático, instituida por la Academia de Ciencias de Cuba, entonces organismo rector de la ciencia en el país. En ese estudio se evaluó el impacto que tendría el cambio climático en el año 2100, en la agricultura, los ecosistemas naturales y terrestres, la hidrología y los recursos hídricos, las áreas oceánicas y zonas costeras, los asentamientos poblacionales, y la salud humana; basado en los primeros escenarios globales del IPCC, que estimaban que la temperatura promedio del planeta podría incrementarse hasta 2.5°C, la precipitación reducirse entre el 10 y el 20% y el nivel medio del mar aumentar entre 20 y 95 cm.

Los principales estudios sobre el impacto del cambio climático en Cuba se han realizado bajo la égida de los programas de ciencia financiados por el Estado cubano. El primero de estos estudios fue concluido en el año 1999, en el marco del Programa Nacional de Ciencia *“Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano”* (1995-2012); y es considerado hoy como la primera evaluación científicamente argumentada del impacto del cambio climático en Cuba, que evaluó integralmente este complejo fenómeno; esta obra fue reconocida con los premios Academia y Especial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente; ambos del año 1999. En el citado Programa se obtuvieron importantes resultados científicos relacionados con la variabilidad de los procesos naturales y el impacto del cambio climático

en la biodiversidad del país, la agricultura y los recursos hídricos; y sobre todo se estableció una rigurosa metodología de trabajo, que formó las bases del Sistema de Programas y Proyectos, con el que se financian actualmente las investigaciones científicas que dan solución a prioridades nacionales.

Muy relacionado con los estudios de variabilidad y los cambios en el sistema climático; y el clima del futuro y sus impactos, en el Programa Ramal "*Análisis y Pronóstico del Tiempo y del Clima Terrestre y Espacial*" (1999 - 2012), se realizaron importantes contribuciones al conocimiento sobre la circulación atmosférica y los procesos meteorológicos asociados, profundizando en el conocimiento sobre el comportamiento de los eventos meteorológicos, particularmente los procesos de sequía, las grandes precipitaciones y las precipitaciones intensas, las tormentas eléctricas, las surgencias, la climatología de los ciclones tropicales, la relación de la capa activa oceánica en los mares adyacentes a Cuba con el estado del tiempo y la variabilidad climática, las características microfísicas y dinámicas de las nubes convectivas, las características de la estructura vertical de la atmósfera y la radiación solar. Bajo ese Programa se inició la "*Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*", y los resultados fundamentales asociados a ella se obtuvieron de los proyectos del Programa, entre los más importantes: las determinaciones del ascenso del nivel medio del mar; los escenarios climáticos estimados para el 2050 y 2100 y el Inventario de Gases de Efecto de Invernadero. También ese Programa contribuyó al mejor conocimiento de las

amenazas naturales y de las vulnerabilidades del país y al fortalecimiento de los sistemas de vigilancia y alerta temprana.

En el año 2013, como parte de un proceso de actualización del Sistema de Programas y Proyectos, se aprueba el presente Programa *“Cambio Climático en Cuba: Impactos, Adaptación y Mitigación”*, que surge de la integración de los programas antes mencionados. En la actualidad, este Programa responde a las prioridades nacionalmente establecidas en:

- Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021 (actualización).
- Prioridades de la Ciencia Nacionalmente Establecidas para *“el desarrollo de la base científica y tecnológica de la esfera ambiental en lo particular a lo relativo al cambio climático y a la biodiversidad cubana”*.
- Estrategia Nacional para la Diversidad Biológica y Plan de Acción en la República de Cuba en sus acciones 8 y 109 (2002).
- Programa Nacional sobre la Diversidad Biológica (2016-2020). Meta 14 acción h.
- Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático (Tarea Vida).

El objetivo principal del Programa es *“estimar escenarios climáticos y medioambientales futuros; para ofrecer alternativas científicamente fundamentadas para la mitigación y la adaptación; propiciando el establecimiento de políticas*

apropiadas para garantizar el desarrollo sostenible, así como respaldar los esfuerzos internacionales y los compromisos contraídos por Cuba en esta temática". Los resultados del Programa están dirigidos a la:

- Evaluación y diagnóstico de causas, variabilidad, tendencias y cambios en el clima y estimación de escenarios climáticos futuros.
- Determinación y evaluación de impactos del cambio climático en recursos naturales, incluyendo la biodiversidad, ecosistemas naturales y humanos, y sectores socioeconómicos estratégicos.
- Estimación de escenarios socioeconómicos futuros, relacionados con el cambio climático.
- Elaboración y evaluación de inventarios de emisiones y remociones de gases de efecto de invernadero.
- Evaluación de impactos de los cambios medioambientales en el bienestar humano.
- Elaboración de propuestas de medidas de adaptación a la variabilidad climática y al cambio climático.
- Elaboración de propuestas de medidas de mitigación.
- Observación del medioambiente y la informatización de la gestión del conocimiento.

Con el propósito de:

- Contribuir a un planeamiento socioeconómico más objetivo, con la incorporación, en las políticas de desarrollo a mediano y largo plazos, del uso y la gestión de los recursos naturales, ecosistémicos y sociales, en concordancia con las potencialidades reales del medio ambiente cubano, a partir de un horizonte temporal de 10 años en adelante.
- Determinación de propuestas de medidas de adaptación al cambio climático y de mitigación, en sectores socioeconómicos claves, que tengan en cuenta las potencialidades reales del medio ambiente cubano, a partir de un horizonte temporal de 10 años en adelante.
- Introducción de tecnologías más eficientes y sostenibles, que redunden en el incremento de la eficiencia energética, el ahorro de portadores energéticos y de materias primas, la reducción de importaciones y mejoras sustanciales en el bienestar de la población.
- Fortalecimiento del sistema de salud humana, vegetal y animal, con el desarrollo de escenarios que contemplen preventivamente enfermedades emergentes y exóticas.
- Fortalecimiento del sistema de vigilancia y alerta de desastres naturales y tecnológicos.

El Programa “*Cambio Climático en Cuba: Impactos, Adaptación y Mitigación*” debe ser uno de los soportes científicos principales para el enfrentamiento del cambio climático en Cuba, y el instrumento para validar científicamente los resultados que se obtengan dentro y fuera del mismo. Sus

resultados deben ser una contribución importante al perfeccionamiento y ampliación del alcance de la Tarea Vida.

Existe una estrecha sinergia entre el Programa y los proyectos internacionales que se ejecutan en la Agencia de Medio Ambiente y en otras instituciones del país. Los resultados del Programa han tributado directamente a los proyectos:

- Programa de Asociación de País “Apoyo al Programa de Lucha contra la Desertificación y la Sequía” (OP-15). Proyecto GEF/PNUD.
- Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local (BASAL). Proyecto Unión Europea/COSUDE/PNUD.
- Reducción de la Vulnerabilidad Ambiental a las Inundaciones Costeras mediante Adaptación basada en Ecosistema en el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque (MANGLAR VIVO). Proyecto Fondo de Adaptación/PNUD.
- Un Enfoque Paisajístico para la Conservación de Ecosistemas Montañosos Amenazados (CONNECTANDO PAISAJES). Proyecto GEF/PNUD.
- Tercera Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Proyecto GEF/PNUD.
- VI Informe Nacional al Convenio sobre Diversidad Biológica. Proyecto GEF/PNUD.

La Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, y todos los estudios rea-

lizados como parte de ella en los componentes de Inventarios de Emisiones y Remociones de Gases de Efecto de Invernadero; y Programas que contienen Medidas de Mitigación y de Adaptación, fueron resultados del Programa Nacional de Ciencia sobre Cambio Climático; y actualmente bajo su supervisión científica se desarrolla la Tercera Comunicación Nacional y el Primer Reporte de Actualización Bienal a la Convención.

Con los resultados alcanzados se logró el mejoramiento sustancial del conocimiento científico de los procesos naturales y humanos que han sido objeto de estudio, y sobre las transformaciones que pueden ocurrir a mediano y largo plazos, como consecuencia de la variabilidad climática y el cambio climático; a la vez que se han propuesto un conjunto de medidas de adaptación específicas para las áreas objeto de las investigaciones realizadas. Los principales impactos se produjeron en:

- El cumplimiento del objeto social de las instituciones participantes en el Programa, con énfasis en la identificación de los impactos del cambio climático y la elaboración de propuestas concretas de medidas de adaptación y de mitigación.
- Tareas priorizadas que se ejecutan como parte del *“Plan de Estado Cubano para el Enfrentamiento del Cambio Climático”*. Tarea Vida.
- El cumplimiento de importantes compromisos internacionales de Cuba: la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático; las Medidas Nacionalmente Determinadas, comprometidas en los Acuerdos de París; el V y VI Informe Nacional al Convenio de Biodiversidad y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

**APORTES AL CONOCIMIENTO
DEL CAMBIO CLIMÁTICO**



Variabilidad y cambios en el clima

 En prácticamente todos los proyectos ejecutados en el Programa se abordó la variabilidad del clima y los cambios observados. Pero en tres de los proyectos este tema se desarrolló de manera específica: a nivel de país, en la Isla de la Juventud y en la provincia de Cienfuegos.

Evaluación de país

En la primera evaluación de las variaciones y cambios en el clima realizada en el país, se concluyó que *“durante la década del 70 del pasado siglo se produjo un significativo cambio del clima en Cuba. Esta fluctuación, que se refleja claramente en el comportamiento de los diferentes componentes del clima, estuvo antecedida por un notable incremento de la variabilidad climática interanual”* (Instituto de Meteorología, 1997). Entre los elementos más interesantes de ese estudio se aseguró que la temperatura del aire durante la segunda mitad del Siglo XX se incrementó en 0.6°C, determinado por el ascenso de la temperatura promedio mínima y que la precipitación en los meses del período poco lluvioso se había incrementado ligeramente y disminuido durante los meses lluviosos del año.

Una segunda evaluación del comportamiento del clima cubano se realizó en el programa de ciencia de cambio climático, para la Segunda Comunicación Nacional a la

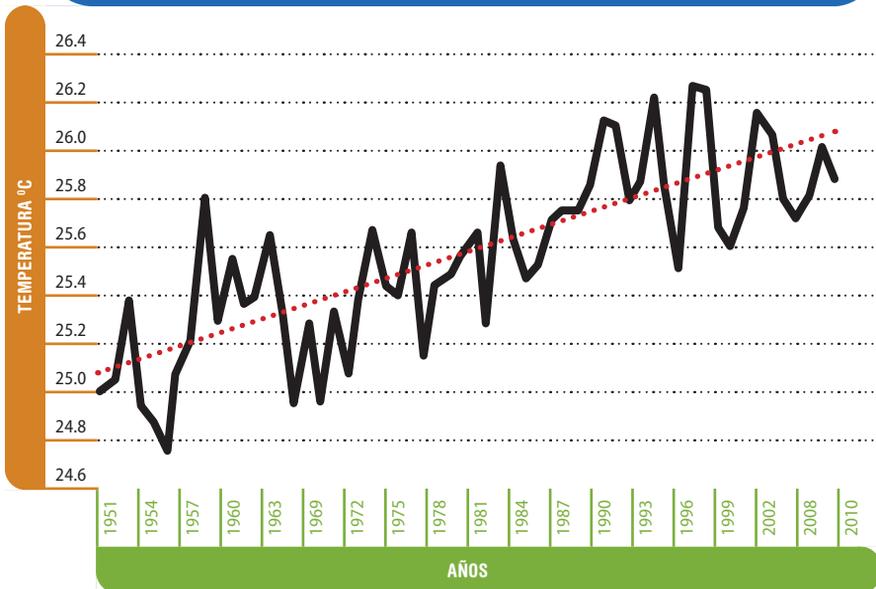
Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Gobierno de Cuba, 2015), confirmándose que se acentúa el comportamiento determinado en la evaluación antecedente.

Para la actualización de las variaciones, cambios y tendencias en el clima, se emplearon modelos climáticos globales y regionales, y las bases de datos climáticas del país, administradas por el Instituto de Meteorología y el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. En este estudio se comprobó lo siguiente:

- Incremento de 0.9°C en la temperatura promedio anual del aire; un aumento de 1.9°C en la temperatura mínima promedio anual; y la reducción significativa del rango diurno de esta variable.
- Disminución de la cobertura nubosa y aumento de la radiación solar.
- Mayor frecuencia de sequías prolongadas y severas, especialmente en el verano, con promedio de recurrencia de 1 en 5 años.
- Incremento en los acumulados de la precipitación del período poco lluvioso del año y ligera disminución en el período lluvioso, fundamentalmente en las regiones central y oriental del país.
- Aumento de las temperaturas de la superficie del mar y de la capa baja de la troposfera; evidenciándose una tendencia creciente de la temperatura superficial del mar en el Caribe y una significativa correlación entre dicha temperatura y la *Oscilación Multidecadal del Atlántico*.

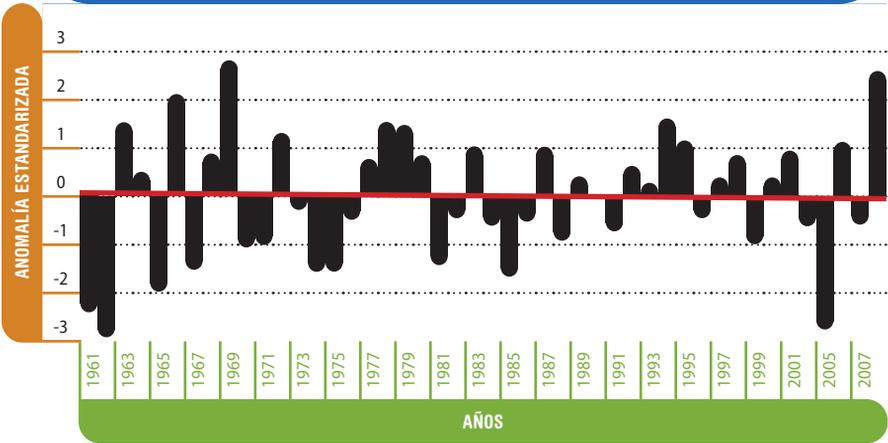
Basado en lo anterior, se afirmó que el clima cubano transita de su condición de tropical húmedo a tropical seco, con temperaturas promedio superiores a los 30°C, aproximadamente 1000 mm de lluvia promedio anual y 70 días con lluvia, condición que propiciará el desplazamiento de los paisajes secos de la región oriental hacia otras zonas del país, tal y como fue corroborado en el estudio sobre el impacto del cambio climático en el proceso de desertificación de las tierras en Cuba y en el trabajo sobre el impacto del cambio climático en cultivos agrícolas de Ciego de Ávila, también realizados en el marco de este programa de ciencia.

AUMENTO DE LA TEMPERATURA PROMEDIO DEL AIRE EN CUBA 1951 - 2010

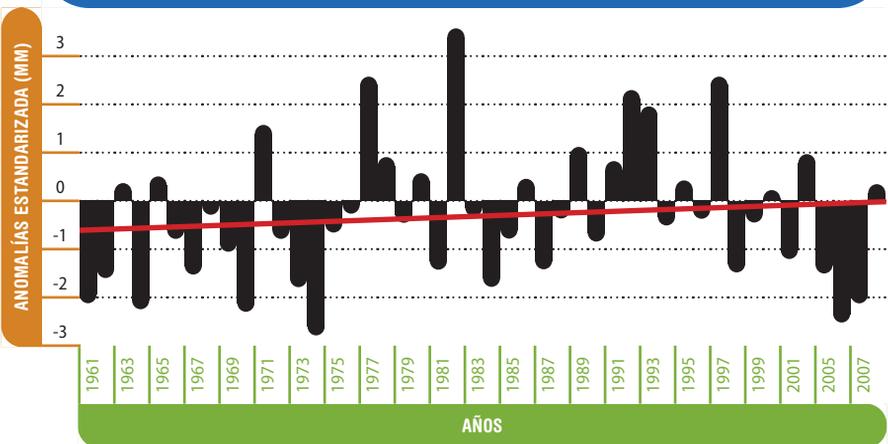


Un resultado significativo por su nivel de aplicabilidad, fue el desarrollo de un modelo estadístico para la simulación y pronóstico de los totales de precipitación por bimestres para Cuba, con una resolución de 20 kilómetros.

ANOMALÍA DE LA PRECIPITACIÓN DEL PERÍODO LLUVIOSO 1960 - 2010



ANOMALÍA DEL PERÍODO POCO LLUVIOSO 1960 - 2010



Isla de la Juventud

La evaluación de las variaciones, cambios y tendencias del clima en la Isla de la Juventud, proporcionó una apreciación científica bien argumentada, integradora y coherente, de estos procesos en el territorio pinero, durante las últimas décadas. En este estudio se incluyó un análisis de las implicaciones climáticas que posee el incremento de la temperatura global en 1.5°C versus 2.0°C, por encima de los niveles preindustriales, que son las metas principales del *Acuerdo de París*. Esto tiene una connotación especial, sobre todo si se tiene en cuenta que el territorio objeto de estudio es altamente vulnerable a los impactos de la variabilidad y el cambio climático, por su carácter de isla pequeña. Los resultados obtenidos evidencian que en la Región del Caribe predominarán valores más bajos de temperatura del aire, si esta variable se incrementa en 1.5°C y 2.0°C a nivel global. Se estima que en el año 1931 el incremento de la temperatura global puede llegar a 1.5°C, momento en el cual el valor promedio del incremento en el Caribe sería de 1.17°C; y que en el año 2055 se alcanzarán los 2.0°C a escala planetaria, y en la región caribeña 1.9°C.

Los mecanismos reguladores de la variabilidad climática fueron evaluados en el estudio de caso de la Isla de la Juventud. Se demostró que las modificaciones en la interacción entre los distintos componentes del sistema climático, en particular el océano y la atmósfera, han influido en las variaciones del clima. Se incluyeron elementos que por primera vez son aplica-

dos a la climatología en el país, los cuales aportaron resultados de alto valor, que permiten incrementar los conocimientos científicos sobre el vínculo entre las principales fluctuaciones del clima y la variabilidad de los océanos y la atmósfera.

VALOR DE ANOMALÍA DE LA TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL DEL AIRE EN LA REGIÓN DEL CARIBE CUANDO EN EL PLANETA SE ALCANZAN LOS 1.5°C Y 2.0°C. ESTIMADO CON MODELOS DE SIMULACIÓN DEL CLIMA

| MODELO CLIMÁTICO | ANOMALÍA DE 1.5°C | |
|-------------------|--|---|
| | Fecha en que se alcanza a nivel global | Valor de anomalía en el Caribe en esa fecha |
| CNMR-CM5 | 2038 | 1.05 |
| HADGEM2-AO | 2028 | 1.08 |
| HADGEMc-CC | 2038 | 1.37 |
| HADGEM2-ES | 2030 | 1.19 |

Cienfuegos

Un diagnóstico de la problemática causada por el cambio climático en la provincia de Cienfuegos arrojó un aumento de la temperatura media anual del aire en el período 1977-2010. El comportamiento de las temperaturas extremas también se ha reflejado en índices climáticos como la ocurrencia de noches frías; las cuales han disminuido en la provincia durante el período, mientras se observa un aumento significativo en las noches cálidas. También se puede apreciar comportamiento similar en la ocurrencia de días fríos y cálidos.

En cuanto a los ciclones tropicales, de las 160 temporadas ciclónicas estudiadas, en 59 de ellas hubo alguna afectación a la provincia. Se observó un aumento de las grandes precipitaciones asociadas a los ciclones tropicales, hecho que

ANOMALÍA DE 2.0°C

| Fecha en que se alcanza a nivel global | Valor de anomalía en el Caribe en esa fecha |
|--|---|
|--|---|

| | |
|------|------|
| 2058 | 1.73 |
|------|------|

| | |
|------|------|
| 2046 | 1.64 |
|------|------|

| | |
|------|------|
| 2056 | 2.06 |
|------|------|

| | |
|------|------|
| 2045 | 2.11 |
|------|------|

podiera estar influenciado por el aumento de la frecuencia de afectación de estos organismos al territorio provincial, a partir de la década del 90 del Siglo XX. Un 80.7% de los frentes fríos que afectan al país llegan a la provincia de Cienfuegos. Los mayores picos en la afectación de frentes fríos a la provincia coinciden con eventos ENOS.

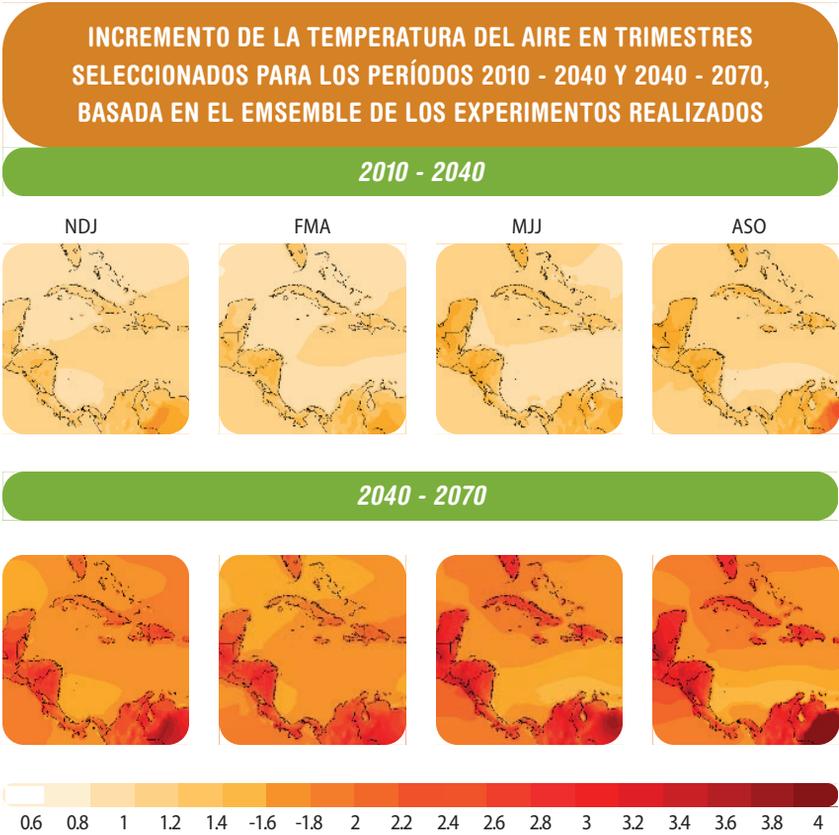
Futuro climático de Cuba

En un proyecto esencial para los estudios de cambio climático, se estimaron los cambios futuros en el clima

de Cuba y del Caribe, con escenarios de alta resolución (25 kilómetros), construidos con el Modelo Climático Regional *PRECIS*. Se obtuvieron siete escenarios climáticos para el período 2011-2040 y 2041-2070; enfatizándose en la caracterización de la precipitación, la temperatura, la nubosidad y la presión atmosférica, en cada escenario; con otra salida elaborada en las predicciones del futuro climático, se logró con un *ensemble* con los siete escenarios obtenidos. La modelación del clima del futuro indica que:

- La temperatura del aire continúa incrementándose, de manera consistente con las estimaciones hechas en modelaciones anteriores realizadas en Cuba. El mayor calentamiento se producirá fundamentalmente en el período más cálido del año, señal que será más clara a medida que avance el tiempo. El incremento proyectado de la temperatura para la Región del Caribe, bajo un escenario de emisiones intermedio como el *SRESA1B*, será del orden de 1.5°C durante el período 2011-2040, llegando a duplicarse durante el período 2041-2070, con valores superiores a los 3.0°C.
- La precipitación mantiene la tendencia estimada al descenso, con un fuerte patrón de reducción en un sector localizado principalmente sobre el Mar Caribe, zonas de Centro América y el noreste de América del Sur. Esta señal es robusta, confirmada por la coincidencia de las salidas de los modelos durante el período lluvioso, donde la señal de cambio climático es más fuerte y visible. En este período, la reducción de los totales de precipitación varía entre el 30% y 50% con respecto a la línea base 1986 - 2006.

- En concordancia con las proyecciones de la precipitación, se estima una importante reducción de la nubosidad, lo cual también se corresponde con la tendencia al incremento de la influencia anticiclónica durante el verano en la Región del Caribe.
- La radiación solar se incrementa, en correspondencia con el comportamiento de la nubosidad. Los valores de radiación son más marcados en el trenteno 2011-2040, siendo menores para los otros intervalos de tiempo futuro considerados en el estudio. Los cambios significativos están localizados en la parte suroriental del país y en pequeñas zonas cerca de la cayería norte de las provincias centrales.



- Los valores de rapidez del viento deben ser mayores en la zona oriental y costa norte del país. Coincidentemente con otros trabajos realizados sobre estimación del recurso eólico en Cuba.



Estudios paleoclimáticos

Los estudios paleoclimáticos aportan conocimientos sobre la evolución geológica del clima y los cambios climáticos observados en una escala temporal milenaria. En la concepción del IPCC sobre el cambio climático también se incluyen estos procesos evolutivos de larga escala temporal. Los

resultados obtenidos tienen una importante repercusión en Cuba y en el área del Caribe, por cuanto aportan nuevos elementos al conocimiento de los cambios climáticos ocurridos en esta importante región de interconexión hemisférica atmósfera-océano-tierra.

Los nuevos registros isotópicos, dataciones y curvas de paleotemperaturas de alta resolución para los últimos 12500 años en Cuba Occidental, han permitido detectar eventos climáticos hasta ahora no registrados en la historia paleoclimática del país:

- Amplia variabilidad de las paleotemperaturas y paleoprecipitaciones en los últimos 12500 años, así como una tendencia general al calentamiento hacia el presente.
- Un evento de clima frío y seco denominado *Younger Dryas*, ocurrido a principios del Holoceno, con una duración de aproximadamente 1000 años, durante los cuales la temperatura promedio para Cuba fue de 7-9°C.
- Evento de clima frío y seco, con una duración de aproximadamente 160 años. La temperatura promedio para Cuba fue de 8-10°C.
- Señales isotópicas de la *Pequeña Edad de Hielo* entre los años 1350-1800.
- Ocurrencia en Cuba de la *Anomalía Climática Medieval*, fase cálida y húmeda conocida como *Optimo Climático Medieval*, entre los años 700-1300.

- Un cambio climático abrupto ocurrido en la *Transición Pleistoceno Tardío-Holoceno*.
- Los registros en 180 de las estalagmitas cubanas, reflejan la incidencia, a escala milenaria, de los denominados *Eventos Bond*, que son eventos o ciclos paleoclimáticos que reflejan condiciones frías y áridas, los cuales ocurren cada 1500 años, aproximadamente.
- Variabilidad multidecadal en las precipitaciones en el noroeste del Caribe durante los últimos 1400 años, a partir del registro de 180 de las estalagmitas *Cubano Grande*.

Finalmente, en los estudios paleoclimáticos realizados, se desarrolló una novedosa metodología integral para el estudio de paleohuracanes, a través de la identificación de las señales o huellas isotópicas de huracanes históricos, dejadas en espeleotemas sensibles al registro de la actividad de estos fenómenos. Es una herramienta de trabajo con grandes potencialidades, para estudiar la incidencia de tormentas tropicales en una región, registrar eventos meteorológicos extremos y su intensidad en un periodo de tiempo determinado, a partir de lo cual pudieran evaluarse posibles ciclos de ocurrencia de estos fenómenos tropicales.

Aguas oceánicas adyacentes

Al estudiar el cambio climático a escala regional y local, resulta de vital importancia el análisis de los procesos físicos que ocurren en las aguas oceánicas próximas a Cuba,

lo cual se analizó en Canal de Yucatán, Estrecho de La Florida y Canal Viejo de las Bahamas. Con este propósito se logró determinar que las frecuencias de ocurrencia de la *Contracorriente Cubana*, como un flujo de agua continuo entre la Península de Hicacos y el Cabo de San Antonio, están determinadas por procesos de rotación de las aguas que, según donde se originan, ocurren con períodos de 20, 40, 50, 60 y 80 días. Se comprobó, asimismo, que la dinámica marina de las aguas oceánicas más próximas al archipiélago cubano, de los lados cubanos del Canal de Yucatán y del Estrecho de La Florida, está directamente conectada con los procesos originados en el Atlántico Norte y el Mar Caribe, y también con las modificaciones que sufren estos procesos en el Golfo de México. Todo ello resulta determinante en el comportamiento de la *Contracorriente Cubana* en la mitad noroccidental de Cuba.

Los resultados que se obtuvieron en el estudio de las aguas adyacente cubanas son empleados para asesorar a tomadores de decisiones de los ministerios de las Fuerzas Armadas Revolucionarias y de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente; y al Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil, en el establecimiento de alertas tempranas en caso de desastres tecnológicos, provocados por el vertimiento de sustancias tóxicas al mar. También les permite a estos organismos del Estado cubano, precisar zonas de búsqueda de objetos a la deriva en el mar, que sean de interés para la seguridad nacional y social. Son muy útiles para la ubica-

ción precisa de especies marinas de interés comercial y de posibles afectaciones a su hábitat.

El conocimiento predictivo de las anomalías del nivel del mar, que en Cuba pueden alcanzar 28 cm, resulta de utilidad por sus aplicaciones en la estimación del riesgo de la inundación costera a largo plazo. Esto fue estudiado en el Golfo de México y en el Mar Caribe.

Las anomalías de la variabilidad mensual del nivel del mar fueron caracterizadas en Cuba, por primera vez, estableciéndose su relación con las del Mediterráneo Americano.

EMISIONES Y REMOCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Inventario Nacional

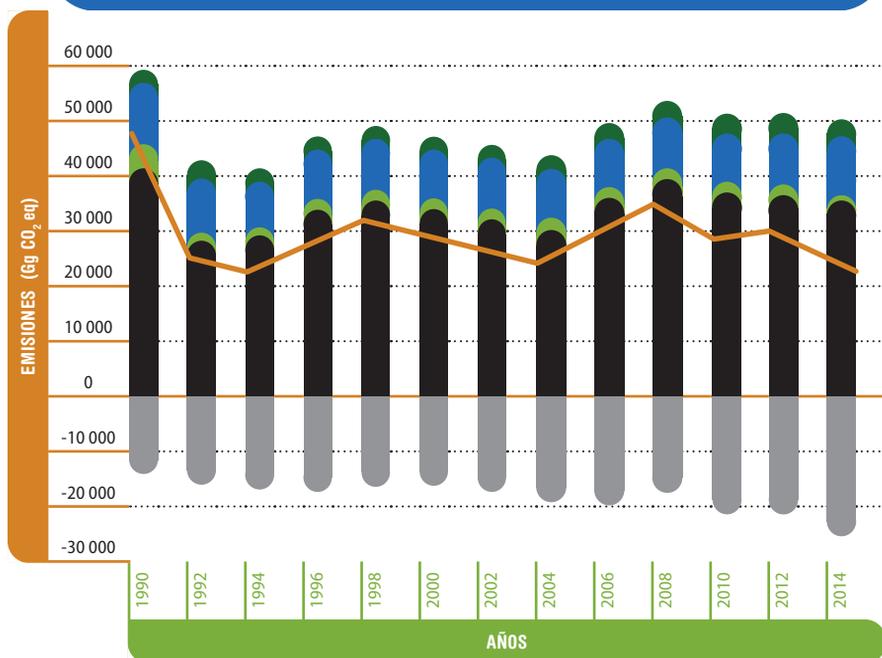
Los Inventarios Nacionales de Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), sirven como herramienta interna de evaluación ambiental; desempeñando un papel clave en el seguimiento de las emisiones de GEI, para verificar el éxito o fracaso de las medidas implementadas para la mitigación. Sus resultados contribuyen a la lucha contra la contaminación atmosférica y la protección del medio, al detectar y cuantificar las fuentes más importantes de emisiones a la atmósfera. Con este trabajo se cumple con los compromisos de Cuba ante la “*Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*”.

Se trabajó en disminuir el nivel de incertidumbre en el Inventario Nacional de Emisiones y Remociones de GEI. Con este fin se realizó el ajuste de los factores de emisión en el cultivo del arroz, la producción de cemento, la fermentación entérica del ganado y la disposición de desechos sólidos. En el caso del cultivo del arroz, se lograron disminuir las incertidumbres de 50% a 37%; en la producción de cemento de 13% a 4%; en la fermentación entérica de 41% a 14% y para la disposición de desechos sólidos de 43% a 35%.

Es notable en los resultados alcanzados la introducción de varias categorías de emisión/remoción que hasta la actualidad no se estaban contabilizando para el análisis de incertidumbre. Particularmente, poder contabilizar el efecto del cambio y uso de la tierra, permitió eliminar las incertidumbres relacionadas con el cambio de biomasa leñosa, y su papel en la remoción de CO₂ por el uso del área forestal. Al incluir esta categoría dentro del análisis, las incertidumbres generales, que eran muy bajas, pasan a ser elevadas (59%).

Otro resultado relacionado con el inventario de GEI, se dedicó a evaluar integralmente la influencia del clima en el sistema eléctrico nacional; considerando el incremento de la temperatura del aire. Con este aporte, se mejoró el inventario de emisiones, desagregando debidamente la información de cada contaminante para las fuentes de emisiones antrópicas, quema de biomasa y biogénicas: haciendo disponible estas informaciones y datos para su empleo en modelos de química atmosférica.

DISMINUCIÓN DE EMISIONES BRUTA Y AUMENTO DE LAS REMOCIONES DE CO₂ POR CRECIMIENTO DE ÁREA FORESTAL 1990 - 2014



● Energía ● IPPU ● Agricultura ● FOLU ● Desechos ● Emisiones Netas

Bosques

En la sexta evaluación, realizada con financiamiento del Programa Nacional de Cambio Climático, se estimó la capacidad sumidero de los bosques cubanos, por medio del cálculo de las emisiones, remociones y el balance de emisiones de GEI en el sector forestal nacional en los años 2006, 2008, 2010, 2012 y 2014. Estos resultados fueron aportados al Inventario Nacional de esos años, como parte del cum-

plimiento de los compromisos del país con la “*Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*”.

De igual forma, se calcularon los incrementos medios anuales de volumen para plantaciones de las especies incluidas en la metodología del IPCC, específicamente para cinco especies (*Acacia* spp., *Eucalyptus* spp., *Tectona grandis*, *Pinus caribaea* y *Pinus* spp.); trabajo realizado con evaluaciones de campo en 32 localidades, lo que facilitó la estimación de este indicador en las condiciones de Cuba; con esto se pudieron sustituir los valores internacionales, antes utilizados en los cálculos de carbono retenido en áreas boscosas.

La identificación de las fracciones de carbono en la madera y los incrementos medios anuales de volumen de biomasa seca calculados nacionalmente, permitieron reducir las incertidumbres en los cálculos del balance neto de emisiones de GEI hasta el 2014. También se computó la densidad básica de la madera en laboratorio y por estimación con modelación matemática, a partir de la densidad seca al aire, para 69 y 65 especies respectivamente; esto constituye una contribución importante en los cálculos de biomasa seca con valores nacionales, lo que disminuye las incertidumbres que tenían los cálculos.

Este resultado tuvo una repercusión directa en las empresas agro forestales. Las evaluaciones de impactos del cambio climático en el patrimonio de las empresas permitieron proponer acciones específicas de adaptación, que pueden

facilitar que se atenúe temporalmente la magnitud de los impactos identificados, resaltando la particular importancia que tiene para el país, el completamiento y preservación de los bosques costeros (Manglar, Uveral, Manigua Costera y parte del semicaducifolio sobre mal drenaje).

La comprensión alcanzada, hasta nivel de empresa, de la importancia del rol de los árboles en la retención de carbono, sensibilizaron a los agricultores sobre la necesidad de sembrar árboles en sus fincas y manejar adecuadamente los que tienen. Por otra parte, la evaluación de las emisiones a nivel de finca ha resultado beneficiosa para los finqueros, ya que han sido incentivados a tomar medidas, como la mejora de las lagunas anaeróbicas, la alimentación del ganado, la utilización del estiércol que se obtiene de los animales estabulados. Esto permitió a las empresas valorar económicamente las acciones para aumentar el potencial de retención de carbono en su patrimonio, y definir la estrategia de mitigación para su entidad.

| BALANCE DE EMISIONES PARA EL PERÍODO 2006-2014 | | | | |
|--|--------------------|---------------------|-----------|-----------------------|
| AÑO | EMISIONES (ktC) | REMOCIONES (ktC) | BALANCE | |
| | | | (ktC) | (Gg CO ₂) |
| 2006 | 786.42 | 5 495.74 | -5 134.83 | -18 827.70 |
| 2008 | 770.48 | 5 424.73 | -5 069.76 | -18 589.13 |
| 2010 | 598.91 | 6 194.55 | -5 914.53 | -21 686.59 |
| 2012 | 426.41 | 6 197.12 | -5 997.06 | -21 989.21 |
| 2014 | 485.19 | 6 734.13 | -6 506.43 | -23 856.92 |

Sector cafetalero

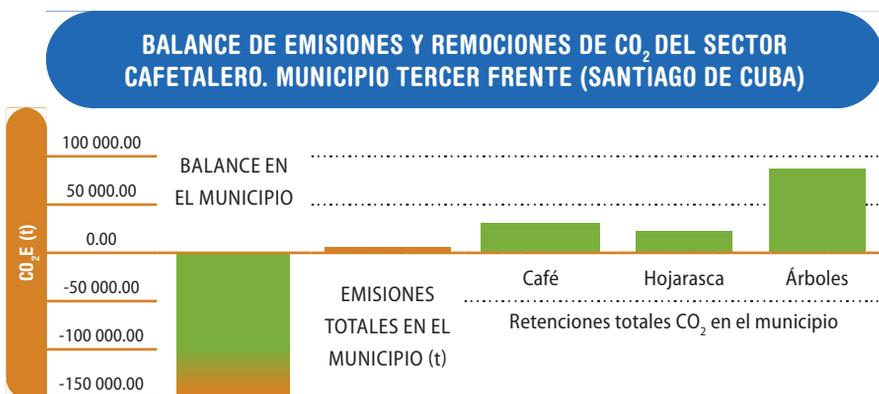
Particular relevancia para los inventarios de GEI tiene el estudio del impacto del cambio climático y las medidas de adaptación en el sector cafetalero de Cuba, basado en el estudio de caso del municipio Tercer Frente, en Santiago de Cuba. En este trabajo se hicieron determinaciones significativas sobre la emisión y remoción de gases de efecto de invernadero.

La producción cafetalera del municipio Tercer Frente es responsabilidad de Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), Cooperativas de Producción Agro-pecuaria (CPA), Cooperativas de Crédito y Servicio (CCS) y Granjas Integrales Militares (EJT). En total, las plantaciones de café ocupan aproximadamente 6577 ha, sembradas con las variedades *Caturra*, *Robusta*, *Islas*, *Bourdon*, *San Ramón* y *Typica*; lo que representa más de 11 millones de plantas.

Con los datos compilados sobre las plantaciones de café, se estimó la densidad básica del café: ramas promedio 0.66 g/cm³ y tallo promedio 0.68 g/cm³; y los coeficientes de carbono de los cafetos (follaje 52.3 %, ramas 54.35 % y tallo 56.30 %), los incrementos medios anuales de volumen para plantaciones cafetaleras y el balance de emisiones en el sector cafetalero. La huella de carbono osciló entre 0.11 Kg CO₂/kg y 0.21 Kg CO₂/kg. Se determinaron las emisiones en el sector cafetalero de la provincia de Santiago de Cuba. El total promedio de las emisiones ascendió a 1291398kg CO₂/kg.

Durante el cultivo del café se generan las mayores emisiones de GEI, produciéndose las más altas durante la fertilización nitrogenada (55.8 % del total de emisiones de CO₂).

Otro aporte relevante del estudio realizado, es la determinación de las existencias de madera y de las retenciones de carbono por hectárea. Se determinó que, por cada metro cúbico existente de madera, son retenidos 747.76 kgC en la biomasa total.



Sector del Transporte

Las emisiones a cuenta del transporte fueron estudiadas como una contribución al Inventario de GEI. Este trabajo partió de tener en cuenta que el parque automotor cubano, a pesar de que se ha modernizado, se caracteriza por proceder de diferentes zonas geográficas y por tener un variado conjunto de técnicas de fabricación, lo que unido al envejecimiento técnico ocasionado por el prolongado período de explotación, hace que tenga tecnologías de baja eficiencia energética, que promueve altos niveles de emisión de gases de combustión. Además, la calidad

de los combustibles que se producen en el país, no permiten utilizar la tecnología automotora de última generación. Fueron estudiadas las emisiones de las fuentes móviles del sector estatal y privado. El transporte automotor de carretera es el mayor emisor.

Para el sector del transporte se determinó:

- Las emisiones en el sector transporte evidencian una tendencia al aumento, debida a la recuperación del transporte automotor a partir del año 2007, con el consecuente incremento del consumo de combustible, que ocasionó una expulsión a la atmósfera de unos 822 Gg de CO₂.
- El empleo de factores de emisión que responden a las características específicas del país para el caso del CO₂ y el CH₄, aplicados a los medios automotores de carretera que operan con gasolina, permitió disminuir el nivel de incertidumbre de los resultados del inventario.
- La determinación de las emisiones de GEI por el transporte automotor de carretera privado, permitió conocer la incidencia de dicha categoría en la contaminación atmosférica y consolidar el inventario de GEI obtenido para las fuentes móviles, al ser mucho más descriptivo.

Sector energético

El sector de la energía es responsable de más del 70% de las emisiones brutas de GEI en Cuba. En este sector se realizó una evaluación técnico económica ambiental de la línea base de emisiones para tres subsectores fundamentales: generación de electricidad, transporte y residuales porcinos. Para la rea-

lización de la evaluación se estableció una metodología que permitió identificar las tecnologías bajas en carbono, a la luz de los objetivos de desarrollo del país y determinar sus necesidades futuras en apoyo a la toma de decisiones.

Los resultados obtenidos permitieron definir escenarios de mitigación y calcular los potenciales de reducción de emisiones y formular acciones de mitigación en cada uno de los subsectores estudiados. Se hicieron, además, recomendaciones a los decisores, con las posibles fuentes de financiamiento para la implementación de esas acciones.

En los subsectores de generación de electricidad, transporte y residuales porcinos se evaluaron 14 opciones de mitigación:

En el subsector de generación de electricidad:

- Hidroeléctricas.
- Utilización de turbinas de extracción-condensación con bagazo.
- Ciclos combinados con gasificación integrada utilizando biomasa forestal.
- Parques eólicos.
- Solar fotovoltaica conectada a la red.
- Empleo de biogás en turbinas de gas.

En el subsector de transporte:

- Utilización de mezcla de alcohol con gasolina como combustible.
- Paso de transportación de carga a ferrocarril.
- Paso del tráfico de pasajeros de ómnibus a ferrocarril.
- Sustitución del diésel por biodiésel en el transporte de carga y pasajeros.

En el subsector agropecuario (tratamiento de residuales porcinos):

- Biodigestores tipo tubular.
- Biodigestores de Cúpula fija.
- Biodigestores tipo túnel o laguna tapada.
- Plantas industriales de tratamiento.

A partir de los escenarios base y de reducción de emisiones desarrollados, se elaboraron conceptos de *Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMAs*, por sus siglas en inglés) para cada subsector. Cada *NAMA* refleja la voluntad de introducir tecnologías bajas en carbono en diferentes eslabones de los planes de desarrollo del país, con el objetivo, entre otros, de reducir emisiones de GEI. Las tres principales *NAMAs* desarrolladas en el sector energía se esbozan a continuación:

Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la generación eléctrica a partir de fuentes renovables de energía

Esta *NAMA* contempla un escenario de mitigación hasta el 2040 y un período inversionista hasta el 2030, donde el 24% de la generación eléctrica del país, estimada para esa fecha en 30000 GWh, se realizará a partir de fuentes renovables de energía. Se contempla la ejecución de 115 instalaciones que totalizan 2104 MW (70 parques solares de 10 MW cada uno, 19 bioeléctricas cuya capacidad va desde 15 MW hasta 60 MW, 13 parques eólicos que van

desde los 36 MW hasta los 51 MW y 12 hidroeléctricas cuya capacidad va desde los 0.158 MW hasta los 2.626 MW). El promedio anual estimado de reducción de emisiones será de 34.6 millones tCO₂/año. La cantidad total prevista de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el periodo 2013-2040 asciende a 80.6 millones de tCO₂.

Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte

Esta NAMA considera reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la actividad del transporte, a través del empleo del hidrógeno como combustible en el transporte automotor de carretera y la introducción de vehículos eléctricos. Ambas acciones se aplican al total de autos estatales de la capital, en un período que comprende desde el 2015 hasta el 2030. La cantidad total prevista de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, como resultado de la implementación en el periodo 2016-2030, asciende a 56.7 miles de tCO₂.

Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la porcicultura cubana.

Esta NAMA comprende un escenario de mitigación hasta el 2030, en el que para el año 2020 se han instalado sistemas de tratamiento de digestión anaerobia en todas las unidades de producción porcina del país.

En el programa se prevé la instalación de 3370 sistemas de biodigestión en las unidades de producción porcina. Una vez concluida la implementación de las actividades de la *NAMA* en el 2020, el promedio anual estimado de reducción de emisiones será de 538 mil tCO₂, y la cantidad total prevista de reducción de emisiones de GEI en el periodo hasta el 2030 ascendería a 6.4 millones de tCO₂.

Por otra parte, se desarrolló una aplicación de las herramientas metodológicas disponibles, lo que permitió la estimación de la demanda energética y la eficiencia subyacente, como indicador adecuado para la medición, control y monitoreo del uso de la energía tanto a nivel agregado como en sectores seleccionados del uso final de la energía (transporte; industrial, residencial, entre los fundamentales).

Se demostraron los potenciales de ahorro de electricidad y reducción de emisiones de CO₂ que se obtienen con una mejoría de la eficiencia energética, tras haber analizado el comportamiento en los años transcurridos entre 1990 y 2010.

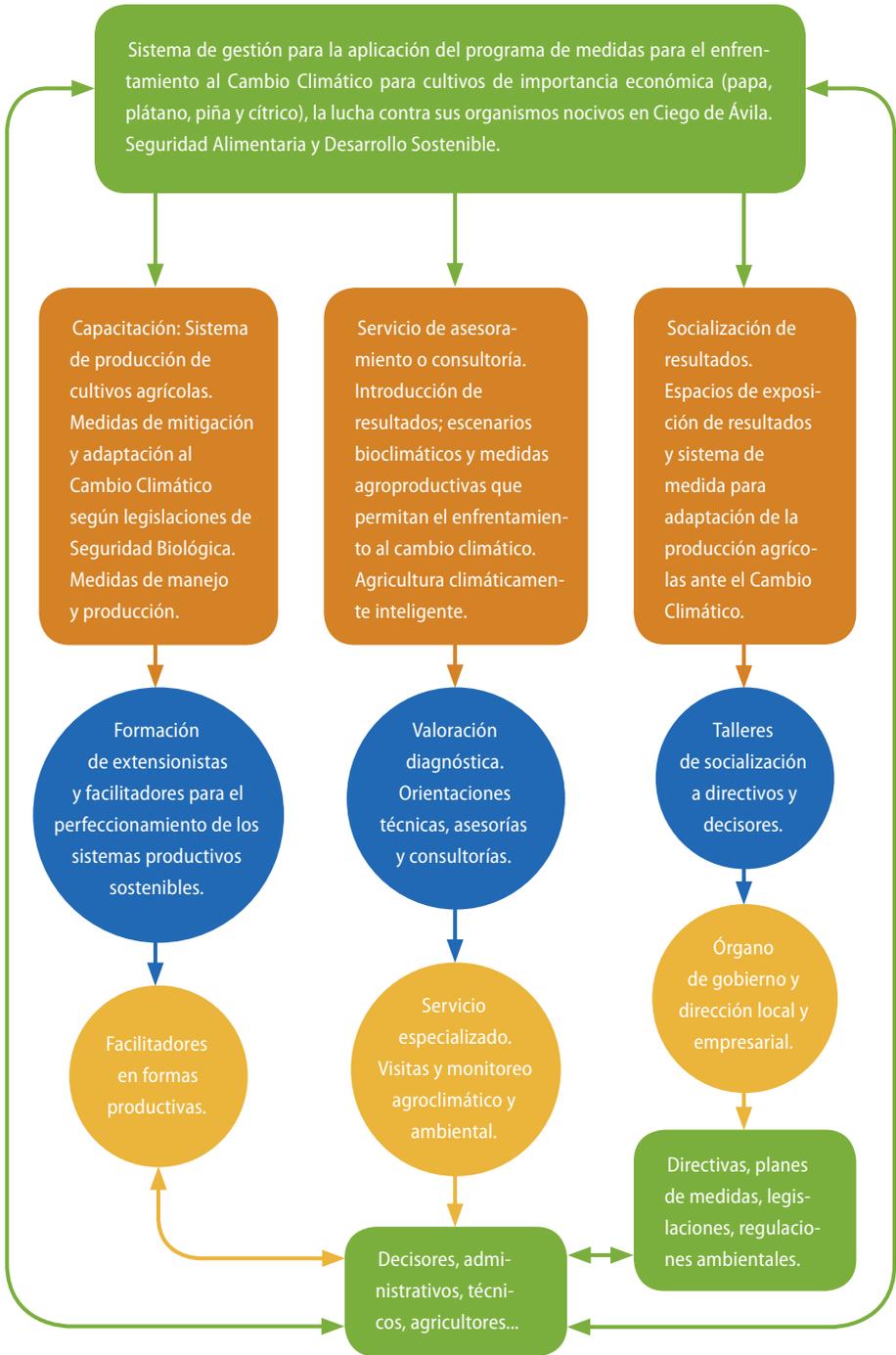
SECTOR AGROPECUARIO

Cultivos varios en Ciego de Ávila

Caracterizar las condiciones climáticas para los años 2020, 2025 y 2030, según los escenarios *SRES* A2 y B2 en Ciego de Ávila, permitió delimitar la influencia sobre el desarrollo fenológico de los cultivos papa

y piña, y los organismos nocivos que les afectan; así como otras plagas importantes del plátano y los cítricos, mediante la elaboración e interpretación de escenarios bioclimáticos. Sobresalen, entre otros los siguientes resultados:

- Cambios, alteraciones y/o modificaciones en los comportamientos fenológicos de la papa, debido al incremento de la temperatura, especialmente la temperatura máxima, que limitarán el desarrollo por alteraciones morfofisiológicas de procesos importantes como la fotosíntesis y la respiración.
- Cambios en la bioquímica del mecanismo fotosintético de la piña, debido al déficit de precipitaciones y al incremento de la temperatura. Esto implicará pasar de una condición C3 a una de *Metabolismo Ácido de las Crasuláceas*, que ocasionará un alargamiento del ciclo vegetativo en las áreas productivas, situación que acarrea mayores costos en atenciones agrotécnicas y riesgos fitosanitarios.
- De acuerdo con los escenarios SRES A2 y B2, las plagas que afectan los plátanos y bananos en Cuba, señalan un desarrollo evolutivo intenso y de elevados índices de *Sigatoka negra*, con aumentos poblacionales de *Ácaro rojo* y *Picudo negro*.
- Para los cítricos, el incremento de la temperatura favorecerá el desarrollo de *Huanglongbing*, peligrosa enfermedad causada por *Candidatus Liberibacter asiaticus* y transmitida por el vector *Diaphorina citri* Kuwayama.



Café en el municipio Tercer Frente de Santiago de Cuba

El estudio del impacto del cambio climático y las medidas de adaptación en el sector cafetalero de Cuba, además de las estimaciones de emisiones y remociones de gases de efecto de invernadero que fueron expuestas en el epígrafe de Inventarios de este trabajo, hizo una evaluación de las vulnerabilidades del sector, el impacto del cambio climático y propuso un conjunto de medidas de adaptación, validadas por la experiencia de los productores del municipio Tercer Frente.

El aumento de la temperatura y los cambios en la precipitación obliga a plantar los cafetos antes, y adelanta la maduración de las cosechas, reduciendo la duración de crecimiento y disminuyendo generalmente los rendimientos. A medida que aumenta la temperatura, el café madura más rápido, afectándose la calidad del grano; esta afirmación se apoya en el hecho de que cuando se cultiva café *Arábica* en zonas tropicales, con temperaturas más altas, el café producido muestra menos calidad, en comparación con el mismo café cultivado a mayor altitud.

En las áreas montañosas del municipio Tercer Frente han cambiado las zonas adecuadas para el crecimiento del café arábica; trasladándose hacia zonas de mayor altitud (por encima de 300 msnm) donde se desarrolla normalmente. Este cambio de zonas tiene implicaciones económicas y sociales que aún no han sido estimadas en detalle; muy probable-

mente el cultivo continuará disminuyendo su aptitud climática en la mayoría de las actuales áreas productoras.

Los cambios en la época lluviosa, su distribución e intensidad afectan el crecimiento de la planta de café, la cual requiere más de 150 mm de lluvia mensuales durante la floración y maduración, seguido por un periodo seco. Las precipitaciones intensas rompen el proceso de floración. Además, en Tercer Frente se observan cambios en los patrones de floración del café bajo sombra, tanto en el inicio, como en el número de floraciones; también se han evidenciado pérdidas en las características físicas del grano, como consecuencia de afectaciones a procesos como el llenado de grano y la maduración de los frutos. Todos estos procesos, influenciados negativamente por altas temperaturas y pocas lluvias. Las anomalías en el comportamiento del régimen de precipitación ocasionan problemas graves al proceso de secado natural en patios y afecta el suelo, las plantaciones de café y los árboles asociados

Otro problema es el creciente déficit de agua. Esto conlleva a una reducción en la producción de café y deterioro de la calidad. Por un lado, las plantaciones no florecen adecuadamente, y por otro, el cafetal, al no tener suficiente agua, produce cerezas muy pequeñas y con la cáscara muy pegada al grano, lo cual perjudica el despulpe.

El impacto más probable del cambio climático sobre el café arábica es que no pueda desarrollarse entre 100 y 200 msnm,

desplazándose a zonas más altas. Esto sin duda genera problemas económicos y sociales, porque las zonas más altas son la de mayor dificultad de acceso y condiciones de vida. Las medidas de adaptación del café al cambio climático, recomendadas son: cultivo de café bajo sombra, implementación de la estrategia varietal con nuevos genotipos, buenas prácticas agrícolas para una cafcultura sostenible con diversificación de las producciones, reforestación; y el monitoreo de las condiciones climática.

Ganadería en Mayabeque

Un estudio sobre alternativas tecnológicas sostenibles para adaptarse al cambio climático en cuatro empresas ganaderas de la provincia Mayabeque, reflejó que las principales influencias del clima futuro en la ganadería estarán enmarcadas en el aumento de los déficit hídricos con períodos de sequía intensas, y cambios en las fechas de inicio y fin del período de crecimiento para los clones de *Pennisetum purpureum* tolerantes a la sequía y el *pasto estrella*; así como aumento de las temperaturas nocturnas y disminución de la oscilación térmica entre el día y la noche.

Las principales opciones técnicas para la mitigación y adaptación al cambio climático, fundamentalmente por el incremento de la frecuencia e intensidad de los procesos de sequías intensas e inundaciones por intensas precipitaciones se relacionan a continuación:

- Aplicación de la tecnología del banco de biomasa con Cuba CT-115 y su combinación con *pasto estrella* jamaicano y otros tolerantes a encharcamientos prolongados.

- Siembra de pasto estrella jamaicano en áreas potencialmente inundables.
- Aplicación de la tecnología del banco de biomasa con Cuba CT-115, para solucionar el déficit de alimentos del período seco.
- Siembra de clones de *Pennisetum purpureum* tolerantes a la sequía, para minimizar los impactos por sequías intensas.

Las opciones técnicas mencionadas podrían conducir a las siguientes mejoras en la ganadería:

- Con la introducción de los clones de *Pennisetum purpureum* tolerantes a la sequía, se apreciarán importantes reducciones en los consumos energéticos y de los gastos ambientales.
- Mayor almacenamiento de carbono en la biomasa aérea, entre 10 tC/ha/año, solo por el CT-115, y superior a 50 tC/ha/año, en su combinación con los otros clones de *Pennisetum purpureum* resistentes a la sequía. Esto traería como beneficio ambiental, el aumento de la biodiversidad del pastizal; menor erosión del suelo; aumento de la fertilidad del suelo, por la descomposición de la hojarasca; aumento de la resiliencia del ecosistema de pastizal y mejora en la eficiencia del uso del agua en el riego de los pastos.
- Reducción de los gastos económicos por resiembras y nuevas siembras, después de un evento extremo, así como por el traslado de forraje desde otras áreas.
- Reducción de consumo de combustibles fósiles.

- Mayor producción de alimento animal considerando todas las opciones.
- Mayor eficiencia del uso del agua en los pastizales.

BIODIVERSIDAD

Los estudios realizados han estado enfocados en la diversidad biológica natural y la agrobiodiversidad; como respuesta fundamental del Programa a la estrategia nacional sobre medio ambiente, la política de producción de alimentos y en cumplimiento a los objetivos de desarrollo sostenible.

La relación entre cambio climático y pérdida de biodiversidad es compleja y se puede entender como la existencia de un conjunto de presiones (asociadas fundamentalmente con actividades humanas) que generan impactos que reducen la capacidad de adaptación de la diversidad biológica natural y la agrícola. Los estudios realizados identifican como impactos concretos sobre la biodiversidad cubana los siguientes:

- Cambios en la distribución y el comportamiento de especies.
- Procesos acelerados de extinción de especies por la vulnerabilidad de los hábitats.
- Cambios en los patrones migratorios de las especies, debido a la fragmentación de los ecosistemas y/o pérdida de corredores migratorios.

- Simplificación de ecosistemas, a partir de procesos de conversión a actividades agrícolas o de ganadería.
- Reducción de la producción primera neta de los ecosistemas.

Biodiversidad Natural

Fueron evaluados los impactos del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas frágiles seleccionados, reservas de la biosfera y, en general, sobre la flora y la fauna del país; elaborando en cada caso propuestas de medidas de adaptación.

Un detallado estudio del impacto del cambio climático sobre la distribución potencial actual y futura de la flora y la fauna de Cuba, utilizó más de 51 mil registros georeferenciados, incluidas 8900 registros de 67 familias de plantas, 4570 de mariposas diurnas, 2870 de anfibios, 8325 de reptiles, 30722 de aves y 2150 de mamíferos. Además, recopiló puntos de presencia de algunos grupos de invertebrados como moluscos terrestres, abejas, coleópteros y arácnidos.

En ese trabajo se obtuvieron modelos predictivos de la distribución potencial de especies nativas y exóticas de flora y fauna de Cuba, y se hizo la evaluación de la representatividad del área de distribución potencial de las especies en el *Sistema Nacional de Áreas Protegidas*. Fue estimada la sensibilidad de las especies respecto al impacto del cambio climático, y las especies y áreas del Archipiélago cubano más sensibles a las variaciones del clima. Aunque se modelaron

muchas especies, para los análisis se seleccionaron 173 de diversos grupos de la biota cubana. Para la elección, se priorizaron los endemismos de Cuba o de las Antillas Mayores, con suficientes números de registros de presencia, que permitieran obtener modelos de buena calidad predictiva.

Para explorar el efecto potencial del cambio climático sobre la distribución de las áreas de idoneidad climática, se emplearon variables bioclimáticas generadas por 10 modelos de circulación global (MCG) para el periodo 2050, aunque en algunos análisis se incluyó el periodo 2070. Para cada MCG se emplearon dos valores de forzamiento radiativo: 2.6 W/m² (escenario de mitigación) y 8.5 W/m² (escenario más pesimista), ambos representan los dos escenarios extremos de la posible concentración en la atmósfera de gases efecto invernadero en el futuro.

Los resultados indican que la mayoría de las especies analizadas podrían perder áreas de idoneidad climática (AIC) y en otras se pronostican desplazamientos hacia otras áreas. Se encontró que, para el escenario de mitigación, al menos 63 especies podrían incrementar su categoría de amenaza y para el más pesimista, el número de especies que incrementa su categoría es de 108 especies (63%). La vulnerabilidad se incrementa en especies que en la actualidad habitan sitios elevados, alejados de las costas y con altos valores de precipitación y temperaturas relativamente bajas. En el escenario de mitigación, las especies de mayor amplitud del nicho

climático, inferido por la mayor extensión de AIC, podrían ser menos vulnerables al cambio climático; sin embargo, en un escenario más pesimista, la vulnerabilidad podría ser independiente de la amplitud del nicho climático. Para las 173 especies se brindan índices de vulnerabilidad y la categoría de amenaza actual y pronosticada para los dos escenarios de cambio climático.

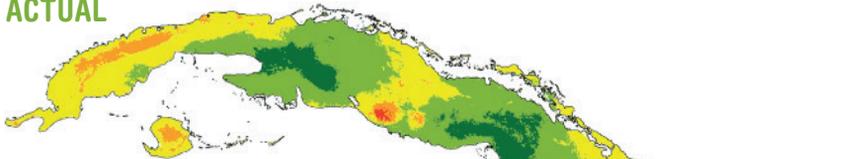
Se analizaron cuatro especies invasoras: caracol gigante africano (*Achatina fulica*), la araña parda del Mediterráneo (*Cyrtophora citricola*), así como una rana (*Leptodactylus* sp.) y un conejo (*Silvilagus floridanus*). En estos casos, los modelos de nicho identificaron áreas que superaron ampliamente el rango de distribución conocido en la actualidad sobre el archipiélago cubano. La proyección de los modelos a los escenarios de cambio climático pronostica, contrario a lo que podría ocurrir en la biota nativa, una expansión de las AIC de estas especies, facilitando su dispersión hacia gran parte del archipiélago cubano, incluidas áreas protegidas, que representan sitios críticos para muchos taxones amenazados.

La proyección de las especies en los escenarios futuros y el ensamblaje de los modelos, muestran que podrían ocurrir notables variaciones en los patrones de riqueza. Estos cambios están motivados, tanto por la pérdida como por la expansión de las especies, producto de variaciones espaciales especie-específicas en las AIC. Se observa para todos los grupos analizados que, en ambos escenarios, para el periodo

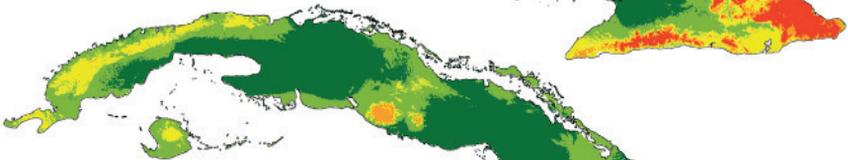
2050, las regiones montañosas son las que retienen mayor riqueza de especies. Estas regiones podrían funcionar como refugios climáticos críticos para un número significativo de especies. En el estudio realizado se brinda, para cada área protegida, los valores de riqueza potencial media actual y

DISTRIBUCIÓN DE LA RIQUEZA POTENCIAL DE ESPECIES PARA EL PRESENTE Y DOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO, BASADO EN LA SUMATORIA DE LOS MODELOS DE NICHOS CLIMÁTICOS DE 158 ESPECIES DE LA FLORA Y LA FAUNA ENDÉMICA DE CUBA

ACTUAL



2.6 W/m² (2050)



8.5 W/m² (2050)



la pronosticada para los escenarios de cambio climático, así como un índice de vulnerabilidad relativo.

Los resultados de ese estudio revelan que la protección y el manejo de áreas montañosas, a través del incremento de la cobertura vegetal, reducción de la fragmentación de bosques, creación de corredores biológicos, entre otras, son acciones importantes para el manejo adaptativo de la biodiversidad y para reducir la vulnerabilidad de la biota terrestre de Cuba ante el cambio climático.

En seis de las áreas protegidas de la provincia de Ciego de Ávila se caracterizó el peligro a la biodiversidad, debido a las alteraciones en el régimen climático, con una probable transformación de un ambiente subhúmedo a una condición subhúmeda seca, que en extremo puede llegar a convertir esta zona en semiárida, pasando a una categoría de tierras secas. Estas transformaciones constituyen un peligro para las reservas faunística y florística presentes en las seis áreas protegidas: Laguna de la Leche, Reserva Florística Manejada “Monte El Coy”, Reserva Ecológica Centro Oeste de Cayo Coco y los Refugios de Fauna “Loma de Cunagua”, “El Venero” y “Laguna La Redonda”.

Otros proyectos ejecutados prestaron atención a los ecosistemas marino costeros del sur del país, por estar incluidos entre los más sensibles al impacto del cambio climático, debido al predominio de costas bajas y ecosistemas frágiles (humedales, bosques secos, pequeños cayos y arrecifes) y

por su ubicación en la ruta de los huracanes. Fueron estudiados ecosistemas asociados a las regiones del Golfo de Ana María-Jardines de la Reina y de la Ciénaga de Zapata.

Estos ecosistemas se caracterizan por su mayor diversidad biológica y productividad marino pesquera, y por concentrar las más extensas e importantes áreas protegidas marino-costeras del país; a la vez que son clasificados entre los más vulnerables al impacto del cambio climático. Algunos de los impactos esperados incluyen: la muerte de arrecifes de coral, la erosión de las playas, la reducción de las áreas de manglares y herbazales de ciénaga, la modificación de humedales costeros, la migración forzosa, la disminución del éxito reproductivo de algunas especies, la extinción de otras y el desplazamiento de los ecosistemas.

Con el trabajo realizado fue posible hacer una evaluación del estado de estos ecosistemas y determinar los cambios observados en los mismos, entre ellos:

- Los arrecifes coralinos del Golfo de Cazones y del Archipiélago Jardines de la Reina se han deteriorado durante el periodo 2001-2015, disminuyendo la cobertura viva de coral y el diámetro máximo de las colonias, con predominio de especies no típicas, más resistentes, pero menos funcionales para el ecosistema.
- Disminución en la cobertura de coral vivo y del diámetro máximo de los corales, con un predominio en cobertura y abundancia relativa de especies no típicas, oportunistas y más resistentes, pero menos funcionales para el ecosistema.

- El blanqueamiento de los corales se incrementó en los arrecifes del Golfo de Cazones y en el Archipiélago Jardines de la Reina durante el periodo 2001-2015, provocado por las altas temperaturas; lo que constituye una consecuencia evidente del cambio climático. La mortalidad de corales y las enfermedades microbianas no incidieron significativamente en ambos ecosistemas arrecifales, corroborándose la tendencia que existe hacia la disminución de estos eventos.
- La abundancia del erizo negro *D. antillarum*, aumentó durante el período 2001-2015 en las crestas arrecifales al norte del Golfo de Cazones; ratificándose que, en sentido general, sus poblaciones no se han recuperado del evento de mortalidad masiva acontecido en el Caribe en 1983-1984.
- En los sitios arrecifales del Golfo de Cazones y del Archipiélago Jardines de la Reina, las asociaciones de peces se encuentran en mala condición, sin grandes variaciones de la abundancia entre el 2001 y el 2015; lo que puede estar relacionado con las condiciones desfavorables del bentos y con el insuficiente cumplimiento de las leyes prohibitivas de la pesca de ambas regiones.
- A partir de los indicadores de condición del bentos y de las asociaciones de peces, los sitios de arrecifes coralinos evaluados en el Golfo de Cazones y el Archipiélago Jardines de la Reina, se alejaron de las condiciones óptimas. Los de Cazones mostraron condiciones similares; mientras que en Jardines de la Reina presentaron un mejor estado de conservación.

La Reserva de la Biosfera Baconao, seleccionada entre los ecosistemas frágiles, fue también objeto de estudio. Desde el punto de vista de la biodiversidad, con este trabajo se

identificaron las relaciones entre especies naturales propias de este ambiente geográfico, con la variabilidad climática y el cambio climático, constituyendo el primer estudio detallado hecho en los sistemas montañosos de Cuba, en este caso la Sierra Maestra.

Se actualizó el inventario geocológico y la geodiversidad asociada (especies, tipos de vegetación y ecosistemas) del área del estudio. Otro aporte importante fue la evaluación de la relación de la variabilidad climática de los últimos 15 años con parámetros poblacionales y ecológicos en grupos como: moluscos, arácnidos, insectos, aves, reptiles, anfibios, peces, corales y gorgóneas de la zona; estimándose los cambios en la biodiversidad, para distintos escenarios de elevación de la temperatura, intensas lluvias, sequías prolongadas, fuertes vientos y elevación del nivel del mar.

Dada las características de las costas en este territorio, una costa escarpada, ocupada por terrazas marinas altas y cerros litorales, el impacto del ascenso del nivel medio del mar no es relevante; aunque si puede tener implicaciones notables en algunas localidades, como en Baconao, Sigua, Jaragua y Siboney-La Estrella, donde por sus valores paisajísticos y la actividad económica que en ellos se desarrolla, pueden producirse afectaciones que deben ser consideradas localmente. En estos territorios se localizan formaciones boscosas, matorrales, herbazales y vegetación acuática. De ellas, las más susceptibles ante la elevación del nivel medio del mar son: el complejo

de vegetación de costa arenosa (con escasa representatividad en la zona); el uveral, por constituir las primeras barreras frente al mar, con un alto nivel de fragmentación y presentar graves afectaciones en su estructura, por causas antrópicas; y el manglar, también muy fragmentado, afectado por el deterioro progresivo del régimen hídrico, las afectaciones antrópicas y su grado de exposición a los embates del mar.

En general, las mayores afectaciones por el cambio climático en la Reserva de Baconao se producirán en sus formaciones vegetales. Ocurrirá una migración altitudinal de las especies, comunidades y/o asociaciones, que subirán buscando las condiciones idóneas para su desarrollo. En este proceso, se prevé la competencia por el establecimiento entre las especies nativas y las invasoras; algunas especies se establecerán en territorios de los que se hallaban excluidas por sus condiciones térmicas. También cambiarán las rutas de dispersión debido a las variaciones de viento.

Otros importantes impactos descritos en esta obra científica, son los cambios en la composición florística de algunos ecosistemas, al minimizarse y/o desaparecer las especies herbáceas y fortalecerse las leñosas, sobre todo las de madera dura con enraizamiento profundo; al incrementarse e intensificarse la evapotranspiración y las sequías; por la modificación de los patrones fenológicos, debido a la sequía; por el aumento de las temperaturas; la disminución de la humedad ambiental y el aumento y/o aparición de enfermedades, parásitos; y el incremento del riesgo de incendios.

Los impactos descritos para la *Pluvisilva de Montaña* son significativos. Actualmente el área potencial de desarrollo de esa formación boscosa alcanza 57.5 km². Basado en la modelación del clima, para el año 2050, bajo el escenario RCP 2.6, se producirá la fragmentación de ésta y disminuirá la superficie boscosa, hasta alcanzar aproximadamente 19 km²; quedando dos núcleos, uno de mayor superficie en las alturas cercanas a la Gran Piedra y un pequeño núcleo en loma La Redonda, hacia el este de la Sierra Maestra. Para este mismo año, bajo el escenario RCP 8.5, esta área solo se presenta en tres pequeños núcleos de 9.5 km² en su conjunto, concentrados en los picos Gran Piedra y Pico Mogote. En el año 2070, para el escenario 2.6, se mantiene la tendencia de reducción del área potencial de desarrollo de la pluvisilva de montaña, pudiendo llegar a ocupar solo 13.9 km², y en el escenario RCP 8.5, se presenta la condición más crítica donde la pluvisilva queda restringida a la cima del Pico Gran Piedra, con casi 2 km² de superficie, lo cual es equivalente a la desaparición de esta formación vegetal de toda la Sierra de la Gran Piedra. Las formaciones boscosas, en esta área de la Sierra Maestra también serán afectadas por el incremento de las zonas áridas, en detrimento de los ambientes húmedos.

Agrodiversidad

Los estudios sobre: el efecto de las altas temperaturas en el crecimiento y desarrollo de cultivares de granos de interés agrícola; el ajuste de las normas netas para el pronóstico de riego de los cultivos agrícolas; el desarrollo de un sistema para estudios ecológicos y la predicción de la dinámica de

vectores, el estudio del patrimonio forestal de Cuba, y el impacto del cambio climático en el sector cafetalero, son una significativa contribución para la adaptación al cambio climático de la producción agrícola.

La Sexta Aproximación sobre el impacto del cambio climático en el patrimonio forestal, resume los resultados de las evaluaciones realizadas en 17 empresas agroforestales y un área protegida. A continuación, un resumen de los principales impactos del cambio climático por:

Aumento temperatura ambiental:

- Modificación de los patrones fenológicos de las especies arbóreas de montaña, con pérdidas de semilla.
- Reducción de la superficie de las formaciones forestales de mayor altitud (Bosque Nublado y Bosque Fresco) y afectaciones de la biodiversidad.
- Modificación de la distribución anual del rendimiento medio mensual de resina de *Pinus caribaea* M. var. *caribaea* B.&G. (pino macho).

Aumento de la temperatura del aire con cambios en la precipitación:

- Modificación de los patrones fenológicos de especies arbóreas; reducción de logro en plantaciones; alteraciones fisiológicas en árboles adultos; aumento de las condiciones propicias para incendios forestales.
- Afectaciones de la diversidad arbórea forestal.

- Muerte regresiva del bosque con pérdida de diversidad arbórea y de madera en bosques latifolios.

Aumento del nivel del mar e intrusión salina en los acuíferos:

- Pérdida de patrimonio y de madera en bosques costeros; emisión de gases de efecto invernadero; cambios en la composición de especies de los manglares; alteraciones en Manglares y pérdida de superficie en Uverales, Manigua Costera y Semicaducifolio de mal drenaje; salinización de acuíferos subterráneos.

Surgencias:

- Destrucción y pérdida de los bosques costeros.

Plagas forestales:

- Riesgos de introducción de plagas transfronterizas: *Armillariaspp.*; *Monochamustitillator*; *Dendroctonuspp.*; *Coptotermesformosanus*; *Macolleni-cocushirsutus*.
- Aumento de daños por insectos defoliadores y perforadores de los brotes: *Neodiprion spp.*; *Dioryctria horneana*; *Rhyacionia frustrana*; *Hypsipyla grandella*; *Atta insularis*.
- Insectos descortezadores de los pinos: Aumento de la vulnerabilidad y del riesgo a los daños causados por Ips.
- Hongos defoliadores de los pinos: Mayores posibilidades de la transferencia de *Lecanostictaacicola* al occidente de Cuba.

••● Disminución de poblaciones de enemigos naturales de las plagas

Relacionado con la producción de alimentos, se cuantificaron los efectos de golpes de calor sobre la germinación y crecimiento del frijol común, bajo condiciones de laboratorio, así como la incidencia del factor térmico para siembras de este cultivo fuera de temporada (período de lluvia bajo la acción de altas temperaturas), mediante el empleo de indicadores fisiológicos. Al mismo tiempo, se analizó el nivel de termo-tolerancia de cepas de *Rhizobium* en condiciones de laboratorio, la acción de plagas, la absorción de nutrientes y los rendimientos.

Las cepas de *Rhizobium* mostraron mayor tolerancia a las altas temperaturas y a las plagas del cultivo, que mayor daño ocasionaron durante las siembras fuera de temporada. Para el caso específico del rendimiento de las variedades *Caujerí 2170*, *3084*, *Guira 89*, *P662* y *P1185*, se evidenciaron determinado grado de tolerancia, mientras que las *CC25-9N*, *CC25-9B* y *CC25-9R* mostraron mayor susceptibilidad.

Los resultados aportaron nuevos conocimientos y herramientas teóricas, a través de un modelo matemático que permitió predecir el comportamiento de accesiones *P. vulgaris* ante aumentos de la temperatura media diaria en futuros escenarios de cambio climático; en particular para las variables: porcentaje de supervivencia y fechas de arribo a la floración y maduración. Se establecieron correlaciones

entre variables morfo-fisiológicos que facilitan una mayor interpretación desde el punto de vista fisiológico, los efectos de las altas temperaturas en el cultivo del frijol común *P. vulgaris* durante la siembra en fecha no óptima, identificándose cuales son las más tolerantes al estrés térmico.

En la misma línea de trabajo relacionada con el frijol, se implementó un sistema informático para estudios ecológicos y predicción de la dinámica de vectores nocivos al cultivo, tomando en cuenta las variaciones del clima y los impactos del cambio climático. El sistema establece los factores del clima que influyen en el crecimiento del cultivo y la proliferación de plagas; propiciando una mejor planificación del momento de siembra, el riego y el manejo de insectos vectores, como medidas de adaptación. El sistema permite estimar la probabilidad de ocurrencia de un suceso, a partir de una base inicial que contiene variables causales.

En la construcción del sistema, se realizó el pronóstico de temperaturas y precipitaciones, usando nueve modelos del clima para una localidad de Mayabeque, con los que obtuvieron los posibles escenarios futuros. Se precisaron las matrices de variaciones para dos escenarios extremos, uno con un aumento de temperatura muy marcado y el otro con uno muy pequeño; se estimó que habrá un incremento de las temperaturas y un decremento de las precipitaciones conducentes a un incremento de los vectores y, por consiguiente, la proliferación de infecciones mixtas. Fue demostrado,

mediante modelación matemática, la coexistencia de vectores de *fitoplasma* y *begomovirus* en el frijol. Se determinaron las sintomatologías que incrementan la probabilidad de presencia de infección mixta *fitoplasma-begomovirus* y mediante la modelación se simuló la dinámica de un nematodo en interacción con un control biológico, y se calculó el índice de tolerancia a nematodo para dos variedades de frijol (*Bat 304* y *Triunfo 70*). En el caso de los *salta hojas*, se verificó molecularmente la presencia de fitoplasma (bacteria transmitida por insectos del orden *Hemiptera*) en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y algunas de las malezas presentes en el agro-ecosistema, lo cual es una alerta para establecer medidas de manejo para el cultivo.

Mediante encuestas agroecológicas a diferentes productores de Mayabeque, se elaboraron bases de datos, que facilitan información para estudios futuro de manejo de las enfermedades en los cultivos. De esta manera, se planificó la mejor época de siembra en correspondencia con la variación del clima.

La reducción de la disponibilidad de agua es uno de los impactos más nocivos que recibirá Cuba del cambio climático; con implicaciones severas en la producción agrícola que requiera de riego en distintas etapas de su desarrollo; por lo general, las tasas de riego por hectárea en el país son altas. De lo anterior la importancia de uno de los estudios realizados, que posibilitó ajustar las normas netas para el pronósti-

co de riego de los cultivos agrícolas en Cuba, en función de la variabilidad climática. Para esto se compiló la información existente de suelo, clima y cultivo en el país y se usaron los escenarios climáticos A2, obtenidos con el modelo PRECIS. Las estimaciones fueron hechas en el periodo de mayor demanda hídrica de los cultivos analizados, cuando por lo general ocurre la fecha óptima de siembra de la mayoría de los cultivos.

Con este trabajo fueron actualizados los coeficientes de los cultivos a cielo abierto, protegidos y en organopónicos y se calcularon, por primera vez, los coeficientes de plátano y bananos, café y pastos de césped. El ajuste de las normas de riego para los cultivos seleccionados, considerando el cambio climático, indica que para los cultivos estudiados (tomate, ajo, maíz, ajo) deben producirse incrementos importantes en las necesidades de riego, debido al estrés hídrico que sufrirán.

| AJUSTE ESTIMADO A FUTURO DE NORMAS DE RIEGO (m^3/ha) | | | | | | |
|--|-------------------|---------------------|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| CULTIVO | REGIÓN OCCIDENTAL | | REGIÓN CENTRAL | | REGIÓN ORIENTAL | |
| | Norma actual | Norma máxima futura | Norma actual | Norma máxima futura | Norma actual | Norma máxima futura |
| Tomate | 4118 | 4395 | 4180 | 4927 | 4260 | 4224 |
| Ajo | 2720 | 3294 | | | | |
| Maíz | 4800 | 5504 | | | | |
| Lechuga | 1620 | 2446 | | | | |

Este resultado tiene implicaciones importantes para el manejo del agua en las áreas donde se realicen estos cultivos.

MEDIO AMBIENTE

Los estudios efectuados para la *"Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático"* confirmaron que las tendencias climáticas actuales y los escenarios considerados para el futuro, producirían un deterioro de la calidad ambiental general, como consecuencia de la reducción del potencial hídrico a escala regional, la pérdida de tierra firme en zonas costeras bajas, el empobrecimiento del suelo, la disminución del rendimiento agrícola en cultivos fundamentales de la dieta nacional, la pérdida de la biodiversidad principalmente en zonas costeras, la afectación de asentamientos humanos costeros, el incremento de enfermedades transmisibles y el consecuente impacto sobre la actividad económica en general. De ahí la prioridad que tienen, en el Programa de Ciencia de Cambio Climático, los proyectos que realicen análisis integrales de los impactos de este fenómeno.

En esta dirección se realizaron un conjunto de estudios que abordaron de manera integrada las vulnerabilidades del medio ambiente y el impacto de la variabilidad climática y el cambio climático en espacios geográficos y ecosistemas específicos. Estos estudios propusieron soluciones concretas para reducir las vulnerabilidades y la adaptación al impacto

del cambio climático. También se definieron indicadores ambientales, que permitieron un ordenado y racional manejo de la información, así como su tratamiento, en función de generar nuevos conocimientos. Los indicadores obtenidos son aplicables en las valoraciones a futuro, para caracterizar y evaluar las nuevas condiciones medioambientales que existirán como consecuencia de los cambios globales.

Evaluaciones integrales

Se desarrollaron dos estudios de caso para examinar con más detalle los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación: uno en el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque y otro en la Isla de la Juventud.

Como resultado fundamental del trabajo realizado en el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque, se estableció una metodología para el análisis integrado de los impactos del cambio climático. Esta metodología es una valiosa contribución para los estudios de vulnerabilidad e impacto, que trasciende la esfera nacional, dado las carencias que en este sentido se reportan en la literatura internacional. Para el desarrollo de esta metodología se definieron un grupo de principios básicos, que fueron validados por expertos nacionales de alto nivel; estos fueron:

- La adaptación al cambio climático es una acción muy compleja, que debe realizarse con un enfoque integrado.

- Se trata de implementar acciones en un medio profundamente transformado por la acción del hombre.
- Existen necesidades perentorias de la sociedad que solo pueden ser satisfechas con una profunda transformación del medioambiente, y las acciones requeridas a ese fin deben ser decididas sobre una valoración costo beneficio de la medida.
- Las medidas de adaptación tienen que basarse en el conocimiento de los riesgos y los escenarios climáticos, para evitar la “mala adaptación”.
- La prioridad de la adaptación debe basarse en criterios que tomen en cuenta la gravedad e irreversibilidad del impacto y la factibilidad de las medidas.

En síntesis, la metodología está integrada por bloques de análisis complejos, cada uno con herramientas específicas, que incluyen los aspectos siguientes:

1. Análisis del estado del medioambiente.
2. Determinación y caracterización de la línea base.
3. Estimación de escenarios futuros.
4. Estimación de impactos del cambio climático.
5. Propuestas de medidas de adaptación.

Al aplicar la metodología en el sur de las provincias Artemisa y Mayabeque, se identificaron las principales vulnerabilidades e impactos del cambio climático en cada uno de los componentes analizados (hidrología y recursos hídricos; zonas costeras y recursos marinos; diversidad biológica; bosques; agricultura; asentamientos humanos y usos de la tierra; y salud humana), así como integralmente las medidas de adaptación apropiadas.

En la Isla de la Juventud se utilizaron los nuevos escenarios RCP descritos por el IPCC, y se hizo una evaluación del impacto del clima en el balance hídrico del territorio, con el objetivo de establecer una línea base climática e hidrológica, y su proyección al futuro, para analizar las políticas de desarrollo establecidas para la Isla hacia el 2020, de cara al impacto del cambio climático. Se caracterizaron y evaluaron los impactos que la variabilidad climática produce sobre la sociedad y se identificó la vulnerabilidad de sectores claves de la economía. Se trataron además posibles estrategias que permitan una mejor adaptación a la variabilidad climática actual, así como al clima futuro.

Este estudio es de especial relevancia para los países insulares, por la similitud de los problemas en este territorio cubano con los pequeños Estados insulares del Caribe.

De extraordinaria relevancia es la evaluación de las amenazas actuales y potenciales en humedales de Cuba. A partir del

BALANCE HÍDRICO ANUAL EN LA ISLA DE LA JUVENTUD. PERÍODO DE REFERENCIA Y ESCENARIOS RCP 2.6, 4.5 Y 8.5

| VARIABLES | PERÍODO | ESCENARIOS | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|------------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|
| | 1986-2005 | RCP2.6 | | | RCP4.5 | | | RCP8.5 | | |
| | | Años | | | | | | | | |
| | | 2030 | 2050 | 2070 | 2030 | 2050 | 2070 | 2030 | 2050 | 2070 |
| P(mm) | 1542 | 1170 | 1797 | 1846 | 1127 | 1462 | 1594 | 1264 | 1816 | 1701 |
| ETP (mm) | 998 | 886 | 1171 | 1186 | 854 | 1067 | 1190 | 938 | 1161 | 1147 |
| Q (mm) | 553 | 284 | 625 | 659 | 273 | 395 | 405 | 327 | 655 | 554 |
| W (Hm ³) | 750 | 385 | 848 | 893 | 370 | 536 | 549 | 443 | 888 | 751 |

modelo GEO, complementado con los enfoques metodológicos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio y las directrices de la “Convención Ramsar” sobre humedales, se llevó a cabo la evaluación ambiental integral de los principales humedales del país. Esto permitió conocer los cambios que están teniendo lugar en dichos ecosistemas; la repercusión de los mismos en los servicios ambientales y el bienestar humano; las presiones actuales y futuras generadas por el cambio climático, en sinergia con otras de tipo ambiental; evaluar la eficacia de las políticas vigentes; y elaborar propuestas de medidas integrales para revertir los efectos adversos y propiciar la gestión sostenible.

Se obtuvo un sistema de indicadores ambientales para el estudio de los humedales, y se identificaron y evaluaron las presiones directas de las intervenciones humanas y de los procesos naturales. Lo anterior, en la escala de los

ecosistemas de humedales, es una respuesta a uno de los problemas fundamentales de la ciencia del cambio climático, consistente en la determinación y atribución de sus impactos. Con ello se corroboró que el cambio climático es un factor de presión, de acción transversal en el medio ambiente de los humedales. Del mismo modo, se valoraron otras presiones externas, como el desarrollo agrícola y el uso de agroquímicos, que están relacionados con los procesos de eutrofización; la degradación del bosque; la infraestructura vial y constructiva dentro y en los alrededores de los humedales; y el impacto del desarrollo turístico.

Existen cambios, como la mortandad de manglares y corales, que han afectado severamente a los humedales; y que incrementa la vulnerabilidad de estos ecosistemas ante el ascenso del nivel medio del mar resultante del cambio climático. Estas transformaciones generan duros impactos a los servicios ambientales y al bienestar humano, en particular la disminución del recurso pesquero, la merma de oferta turística y la disminución de ingresos económicos y afectaciones a la salud.

Entre los impactos esperados para los humedales, debido al incremento del nivel del mar, figuran la inundación y su desplazamiento hacia nuevas locaciones, la erosión y retroceso de la línea costera, el incremento de las inundaciones de tormenta, el aumento de la salinidad en los estuarios y la amenaza a los acuíferos de agua dulce, la alteración de la amplitud de la marea en ríos y bahías, la alteración de los pa-

trones de sedimentación, y el decrecimiento de la cantidad de luz que reciben los fondos marinos, entre otras.

Se enfatizó en que la adopción de respuestas efectivas en materia de política resulta una tarea difícil, debido a la diversidad y complejidad del cuadro presente, por lo que cualquier abordaje requiere de conocimientos integrales sobre el estado de los componentes ambientales y el funcionamiento del ecosistema en su conjunto, así como la implementación de eficientes y oportunas medidas de mitigación, rehabilitación, remediación y adaptación, según corresponda, dirigidas a atenuar o eliminar las presiones, mejorar los cambios adversos y eliminar o disminuir los impactos no deseados.

Un proyecto que centró su atención a los ecosistemas frágiles asociados a los Jardines de la Reina y la Ciénaga de Zapata, caracterizó el escenario actual y futuro de la dinámica, hidrología y la acidificación de las aguas, obteniéndose como resultados más significativos que:

- Con la modelación del clima futuro que se hizo en los Jardines de la Reina y la Ciénaga de Zapata, se estimó un aumento de la temperatura del aire entre 2.5 a 3.5°C para el año 2050 y de 2.5 a 5.0°C para el año 2080; llegando hasta los 5.5°C a finales del Siglo XXI en los Jardines de la Reina y hasta 6.5°C en la Ciénaga de Zapata.
- En los golfos de Batabanó y Cazones, donde los cambios de la dinámica marina debido al ascenso del nivel medio del mar (85 cm) serán más evidentes

por el retroceso de la línea de costa y el aumento de la profundidad del fondo marino, el escenario para el 2100 refleja un aumento de la intensidad de las corrientes marinas en más de un 50%, con respecto a la velocidad actual.

- En el Archipiélago Jardines de la Reina el escenario para el 2050, con un ascenso del nivel medio del mar de 27 cm, refleja características similares a las actuales, con velocidades cercanas a 1m/s y dirección oeste.
- No se encontró tendencia en los registros de los datos de temperatura de las aguas en las zonas de estudio “Golfo de Cazones” y “Jardines de la Reina”, en comparación con estudios realizados a inicios de los años 70 del pasado siglo.
- Hacia el 2100, amplias zonas de los golfos de Batabanó y Cazones, podrían experimentar un incremento de hasta de un 50% de la velocidad de las corrientes marinas, con respecto a la actualidad; principalmente a causa de los cambios en las condiciones de frontera de la dinámica de las aguas, ante el retroceso de la línea de costa.
- En Jardines de la Reina no se esperan cambios importantes para el 2050, en relación con la velocidad y dirección de las corrientes marinas; aunque el aumento de la profundidad (0.27 m) propiciará un mayor intercambio en el límite exterior de la plataforma, a través de las pasas y canales del mencionado archipiélago, lo cual debe tener efectos favorables para la vida marina.
- Se determinó la tendencia a la acidificación y la distribución espacial de los parámetros pH, carbono inorgánico disuelto (CID), presión parcial de dióxido de carbono en agua (pCO_2), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) y grado de saturación de la calcita (Ω_{cal}) y la aragonita (Ω_{ara}) en las crestas

arrecifales de Jardines de la Reina y del Golfo de Cazones, mediante la modelación de los futuros escenarios (2020-2100).

- En la actualidad los dos biotopos (cretas arrecifales y arrecifes frontales) de los arrecifes del Golfo de Cazones y del Archipiélago Jardines de la Reina no manifiestan síntomas de procesos de acidificación del agua, de acuerdo al valor negativo del gradiente de presión aire-mar de dióxido de carbono (ΔpCO_2) y a la saturación en carbonato de calcio ($CaCO_3$) del agua, que presentó niveles entre adecuados y óptimos de aragonita, lo que favorece la tasa de precipitación de carbonato de calcio en estos ecosistemas.
- La modelación de los escenarios para las variables relacionadas con la dinámica del carbono y el pH evidenció una tendencia a la acidificación en ambos ecosistemas a partir de los años 2020 hasta el 2100, por lo que se puede predecir una afectación de la tasa de calcificación de los arrecifes.
- El calentamiento para las dos áreas de estudio, la Ciénaga de Zapata y Jardines de la Reina es un hecho, independientemente de cuál escenario o modelo se tome, todos indican un aumento de la temperatura, que será más acentuado o no, en dependencia del modelo, escenario y período futuro a analizar.
- El incremento de la temperatura no será homogéneo en todas las áreas y los periodos, mostrándose como característica principal la diferencia entre la zonas norte y sur de la Ciénaga de Zapata donde la diferencia entre ambas puede llegar a ser hasta de 1.5 grados para algunos escenarios y modelos.
- Aunque el patrón de precipitación es más impreciso, de manera general se puede esperar un aumento de la precipitación de alrededor de 60 mm/

mes para Jardines de la Reina y 50 mm/mes para la Ciénaga de Zapata, con respecto a la línea base seleccionada.

- El ligero aumento de la precipitación estará condicionado por el aumento de eventos extremos de lluvias, que, al combinarse con el drástico aumento de temperatura y la reducción de los días con lluvia no extremos, determinará que para ambas zonas ocurra una disminución de la disponibilidad del agua.

El manejo integrado de las cuencas hidrográficas y su interacción con la zona costera se estudió en las cuencas de Bacuranao y Guanabo, situadas al este de La Habana. La evaluación ambiental integral de estas cuencas, evidenció los cambios experimentados con su asimilación socioeconómica, donde la antropización ha marcado la calidad del medio, generando incluso el deterioro de algunos recursos.

A partir del reconocimiento del estado ambiental de estas cuencas, se analizó el significado que tendrá el cambio climático en la evolución del estado ambiental y socioeconómico de las mismas. Cuando se valora el estado de la vivienda, la situación sanitaria, las opciones de recreación y la salud, como componentes básicos del bienestar humano, se realza la necesidad de la implementación de respuestas sociales, que, de modo gradual, puedan revertir los conflictos actuales, configurando un mejor ambiente ante las perspectivas climáticas.

Debe considerarse que los impactos sociales pueden tener efectos directos en la seguridad física de las personas y sus bienes materiales, o indirectos (a corto, mediano, y largo plazos), a través de los cambios en los componentes ambientales y los servicios del ecosistema. Lograr una actuación consecuente con la situación presente y futura debe ser objeto de generalización y transformarse en una herramienta de la cultura colectiva.

La interpretación asociativa clima-ambiente en Bacuranao y Guanabo, evolucionará de conformidad con las complejidades ambientales precedentes. En ese panorama, el agua que es un recurso esencial articulador del funcionamiento de las cuencas, y definitoria de otros factores del medio, presenta signos de afectación cuantitativa y cualitativa. Los problemas existentes con el recurso hídrico y el déficit que se estima habrá en el futuro, pueden afectar la especialización productiva de las cuencas, principalmente el turismo y la ganadería. En cuanto a la agricultura, el déficit hídrico puede ocasionar pérdidas en la producción alimentaria, que en el caso de la ganadería vacuna se traducirá en afectación de la producción lechera, por concepto del estrés climático.

En la actividad turística se encontraron presiones importantes; lo que se aprecia en el este de La Habana y en Varadero. En el caso particular de Varadero se hizo un análisis de costo-beneficio del impacto del cambio climá-

tico, definiendo para los escenarios analizados el impacto en esa actividad. La estimación hecha de los costos asociados a las afectaciones del cambio climático, aunque incipientes, sirven para analizar el papel limitador de este fenómeno para el desarrollo, e incluso de la planificación y la gestión. Los avances logrados constituyen una respuesta a uno de los vacíos identificados en la *Segunda Comunicación Nacional de Cuba al Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*.

Mediante el manejo integral de cuencas y áreas costeras y sobre la base del estudio de la región centro sur de Cuba, en Cienfuegos, se logra una estrategia de adaptación y mitigación ante el cambio climático que persigue además un accionar sobre las fuentes contaminantes y otras acciones impactantes en las cuencas de esta zona del país. Todo ello permite mejorar las condiciones físico químicas de las aguas de la bahía de Cienfuegos y la zona costera de esa provincia, incidiendo directamente en el manejo sostenible de sus ecosistemas frágiles. En este sentido, el gobierno de la provincia ha iniciado la incorporación del manejo integral entre los distintos actores, tanto en las cuencas hidrográficas como en las zonas costeras, en función de lograr la ejecución de las medidas necesarias para el enfrentamiento al cambio climático.

Recursos naturales

Se estudió la relación del estado del recurso tierra con los procesos de desertificación y aridez que se vienen manifestando. El

cambio climático puede acelerar los procesos de desertificación de las tierras cubanas. Las estimaciones realizadas para un escenario de cambio climático severo, indican que las tierras “*medianamente vulnerables hasta muy vulnerables*” a la desertificación, pueden llegar a ocupar una superficie superior a los 6 millones de hectáreas (57.4% del total de tierras del país), las tierras “*poco vulnerables*” se extenderían por más de 1 millón de hectáreas (9.4% del total de tierras del país), mientras que las áreas que serían afectadas por este fenómeno ocuparían más de 3.5 millones de hectáreas (33.3%, del total de tierras del país).

De diversas formas, en los resultados alcanzados, el desarrollo agrícola se mostró como condición de presión e impacto ambiental, tanto por el cambio que produce en el uso de la tierra, el alto consumo de agua y la contaminación por agroquímicos. Las cuencas hidrográficas Bacuranao y Guanabo tienen impactos significativos por estas causas; con un peso marcado en la fragmentación y degradación de la diversidad biológica, y la afectación de los suelos. En Cuba este problema es extendido, e incluso se muestra con tendencias de desertificación, donde el cambio climático refuerza los procesos de deterioro ambiental.

Bienestar humano

El hombre fue factor común en todos los proyectos desarrollados, en tanto que se le apreció unas veces como objeto y otras en condición de sujeto del desarrollo y el ambiente, pero en general, se le evaluó con una exposición riesgosa

ante el comportamiento extremo de la variabilidad y el cambio climático. En ello concurren diferentes factores, que van desde el propio sentido aprehensivo con que se vincula a los recursos y su manejo, las condiciones de residencia y hasta su baja percepción del riesgo ambiental y climático. Estos aspectos se estimaron con consistencia, con independencia de las disciplinas científicas promotoras.

En algunas de las investigaciones la situación humana frente al cambio climático se distinguió según edad, ocupación, espacios habitacionales y género; donde los resultados mostraron la amplia repercusión que el asunto posee, en tanto que abarca desde lo concerniente al confort ambiental hasta la salud.

Los resultados alcanzados asociaron la variabilidad y el cambio climático a la salud humana. Además de las enfermedades respiratorias agudas que cuentan con evidencias muy claras en precedentes investigaciones, se valoró cómo el clima condiciona reemergencias sanitarias, e incluso su vínculo con algunas enfermedades crónicas no transmisibles, como las cardiovasculares. Los resultados apuntan a implicaciones que merecen ser profundizadas en las futuras investigaciones.

Debe significarse que al valorar la relación entre lo social y las variaciones y cambios del clima, existen incertidumbres que pasan por lo cognitivo. Ello se hizo manifiesto en todas las acciones orientadas a la percepción, por lo cual se manifestó

la necesidad de profundizar en los canales comunicativos, según segmentos diferenciados, devenidos de la situación y posición de los actores concurrentes. La evaluación integral de las cuencas hidrográficas de Guanabo y Bacuranao, incluyó un sondeo público sobre el grado de conocimiento que los pobladores de estas localidades tienen del cambio climático, y las conclusiones reportaron un bajo nivel.

En la necesidad de profundizar en la educación y la comunicación radicó una de las medidas propuestas más consistentes y generalizadas para entender el cambio climático y el proceso de adaptación y la mitigación. Estas propuestas se conformaron atendiendo a patrones viables y sostenibles, que propicien la participación de la población, y a las autoridades decisoras del territorio como eje central de la acción, como promotores de la regulación, vigilancia y control ambiental, en la reducción de las áreas vulnerables, así como del reforzamiento de las labores de ordenamiento ambiental y planeamiento.

Una conclusión de alto valor obtenida del análisis del impacto del cambio climático en el medio ambiente y el bienestar humano, es que los procesos asociados a la variabilidad y el cambio climático se enfrenten con la sostenibilidad del desarrollo y el fortalecimiento del sistema ambiental sustentado en el empoderamiento cognitivo de la sociedad.

USO DE TECNOLOGÍAS
DE LA INFORMÁTICA





El uso de las tecnologías de la informática fue muy amplio. Se desarrollaron sistemas que permitieron la captación de información y datos; la clasificación de datos, su procesamiento y almacenamiento; el graficado y cartografiado; la simulación de escenarios, entre otras acciones que propiciaron el análisis a diferentes niveles espaciales, aplicaciones locales, la generalización regional o nacional, y la interpretación coherente a las problemáticas actuales y perspectivas, vinculadas a la variabilidad y el cambio climático, con lo cual se propició una mejor comprensión del complejo panorama medioambiental que tiene el país. Fueron varios los resultados, entre ellos los siguientes:

- Se crearon bases de datos en ambiente de sistema de información geográfica que contienen datos y metadatos a escala local, regional y nacional, sobre el estado actual y prospectivo bajo diferentes escenarios de clima futuro para los humedales más importantes; las áreas vulnerables a la desertificación; la cobertura vegetal a escala 1:250 000 y su relación con el proceso de desertificación; la cartografía histórica de los parques nacionales Jardines de la Reina y Ciénaga de Zapata, con vistas a determinar los cambios y tendencias de la evolución de los ecosistemas por efecto del incremento del nivel medio del mar.
- Se fortalecieron los sistemas de monitoreo a nivel de paisajes y ecosistemas terrestres, incluyendo en ellos indicadores como el estado de la cobertura vegetal (entendido como el grado de verdor de la vegetación, como reflejo indirecto del contenido de clorofila); la fluctuación del tamaño de los cuerpos de agua en la Ciénaga de Zapata; la tendencia en los cambios de la línea de costa (erosión y retroceso vs. acumulación y avance); las tasas de

cambio de las coberturas del manglar, herbazal y bosques; la variación (o anomalías) en la temperatura de la superficie terrestre. Para la publicación y disseminación de estos resultados se estableció una herramienta web, que comprende recomendaciones de manejo y acciones de capacitación. Con esto se logró mejorar el sistema de monitoreo para el cambio climático con indicadores de biodiversidad; así como el establecimiento de una red de observación en ecosistemas sensibles como una vía para apoyar la toma de decisiones, en el que las áreas protegidas juegan un papel clave.

- Otro logro importante fue el establecimiento de un sistema de gestión para la mitigación y adaptación en Ciego de Ávila; con la interpretación del efecto del cambio climático a través de los escenarios bioclimáticos fenológicos y de organismos nocivos de los cultivos programados, que señalan efectos desfavorables para el comportamiento fenológico de las especies vegetales y favorables para el desarrollo poblacional y epidemiológico de la mayor parte de los organismos nocivos estudiados.
- El desarrollo de un sistema de predicción climática para Cuba y el Caribe estuvo dirigido a crear capacidades, a través del fortalecimiento de la capacidad computacional, el desarrollo de nuevos modelos estadísticos para la predicción climática para Cuba y el uso de modelos numéricos regionales para dicha predicción. En ese resultado se realizó un estudio de factibilidad para la asimilación e implementación de modelos numéricos para el pronóstico estacional de la lluvia y se obtuvo un modelo estadístico para la simulación y pronóstico de los totales de precipitación por bimestres para Cuba de una resolución de 20 kilómetros. También se desarrolló un estudio sobre la influencia de los patrones de teleconexión en las principales características de la circulación atmosférica sobre Cuba.

- Sistema informático para estudios ecológicos y predicción de la dinámica de vectores nocivos a determinados cultivos, tomando en cuenta las variaciones del clima y los impactos del cambio climático. El sistema establece los factores del clima que influyen en el crecimiento de los cultivos seleccionados y la proliferación de plagas; propiciando una mejor planificación del momento de siembra, el riego y el manejo de insectos vectores, como medidas de adaptación. Se estima la probabilidad de ocurrencia de un suceso, a partir de una base inicial que contiene variables causales.

RETOS PARA LA CIENCIA
DEL CAMBIO CLIMÁTICO



 **C**on el trabajo realizado entre los años 2013 al 2018 por el *Programa Nacional de Ciencia sobre Cambio Climático en Cuba*, se identificaron los retos más significativos que, desde el punto de vista del conocimiento científico y aplicado, tiene la ciencia del cambio climático en el país. Los desafíos encontrados son consecuencia del análisis de los resultados de los proyectos desarrollados en el seno del Programa y de la interacción que éste ha tenido con otras iniciativas que sobre este tema se llevan a cabo en el país. A continuación, se relacionan los principales aspectos sobre los que, desde el punto de vista científico, se requiere avanzar en los estudios sobre la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático y las medidas de mitigación y adaptación en Cuba; y que deben ser objetivo de los proyectos que se presenten al Programa o tenidos en cuenta en otras acciones relacionadas con el cambio climático.

ESTUDIO DE PROCESOS FÍSICOS, VULNERABILIDADES E IMPACTOS

Un objetivo permanente e indispensable de las investigaciones sobre el cambio climático debe ser la estimación de los escenarios del futuro, logrando obtenerlos cada vez a una escala espacial de mejor resolución para fines aplicados, y en una escala temporal lo más cercana posible al presente; de manera que los cambios que se estimen en el comportamiento de las variables climáticas fundamentales, relacionadas con el desarrollo socioeconómico del país y con

la conservación, protección y las transformaciones de los ecosistemas naturales y humanos; puedan ser considerado en los planes de desarrollo a mediano plazo y en las políticas y estrategias medioambientales y de manejo de los recursos naturales del país.

Muy importante es continuar trabajando en reducir las incertidumbres de la modelación del clima. En este sentido, es imprescindible que todos los trabajos sobre esta temática, científicos y aplicados; así como las acciones de adaptación que se efectúen en el país, utilicen las estimaciones climáticas al futuro realizadas por los científicos cubanos.

En concordancia con lo anterior, hay que profundizar en las investigaciones destinadas al desarrollo de la capacidad actual de Cuba para realizar observaciones de las variables físicas y químicas relacionadas con el sistema climático, no solo para mejorar el conocimiento sobre el funcionamiento del propio sistema; sino también como recurso para validar las tendencias predominantes y confirmar los cambios que se produzcan en la evolución del sistema climático, como forma de corroborar los escenarios estimados al futuro. Lo anterior implica fortalecer las redes de observación de las variables atmosféricas, hidrológicas y oceanográficas, adecuando los criterios y técnicas de diseño, la tecnología y los planes de trabajo de las redes, a los cambios que ocurrirán en la distribución espacial y temporal de las variables y en la frecuencia e intensidad de los fenómenos que estas monitorean.

Lo anterior debe ir aparejado con la ampliación, ajuste y especialización de los sistemas de vigilancia que funcionan en el país; para perfeccionar la evaluación sistemática de la variabilidad climática, hidrológica y oceanográfica, y, con ello, facilitar la implementación y evaluación de medidas de adaptación anticipadas.

Los resultados obtenidos en el Programa evidenciaron la necesidad de mejorar la información estadística nacional en materia socioeconómica, que requiere ser más acuciosa en cuanto a longitud de las series, calidad del dato y cobertura espacial, sobre todo las de tipo local (haciendo más visibles a los municipios y consejos populares), que propicie la correlación entre ambiente y cambio climático, según condiciones y demandas territoriales, que permitan precisar mejor el alcance de las posibles acciones en cuanto a mitigación y adaptación.

Aunque en el Programa existen resultados significativos que lograron un análisis integrado de los impactos del cambio climático; muchas de las evaluaciones realizadas directamente relacionadas con actividades productivas, u otras que se dedicaron a determinados procesos naturales, fueron marcadamente sectoriales, y no expresaron debidamente las relaciones existentes entre los diferentes sectores evaluados o la relación del objeto estudiado con el ecosistema donde se desarrolla. Por ello, las investigaciones que se realicen deben de partir de un enfoque integrador que vincule todos los elementos relacionados con el objeto que será estudiado.

GASES DE EFECTO DE INVERNADERO Y MITIGACIÓN

Es necesario el desarrollo de proyectos que propicien la captación de datos de emisiones y absorciones; de calidad garantizada, como vía para la ampliación del inventario nacional de emisiones y absorción de GEI; con énfasis en las principales fuentes de emisión y absorción que existen en el país, particularizando en la energía, la industria y el cambio y usos del suelo. Es importante ampliar la captación y disponibilidad de datos de actividad locales; para facilitar la aplicación de métodos de estimación de mayor calidad y complejidad (Tiers) para aquellas fuentes consideradas como claves, debido a la influencia significativa que tienen en las emisiones totales del país.

Se debe avanzar en los trabajos que se están realizando en el Programa para establecer un sistema de inventario; el cual debe estar conciliado con la Oficina Nacional de Estadísticas e Información.

La ampliación de las investigaciones sobre las emisiones y la absorción de GEI posibilitará una mejor precisión en la selección de los factores regionales de emisión por defecto de las Guías del IPCC. Con esto se logrará una mejor determinación de factores de emisión y otros coeficientes, para algunas categorías de fuentes no incluidas en las Guías del IPCC, pero que tienen importancia para el país (por ejemplo,

producción de azúcar de caña, la industria del tabaco, la producción de níquel y otras).

MITIGACIÓN

La lógica que ha impulsado las acciones nacionales que contribuyen a la mitigación son principalmente de orden económico. Estas acciones se han diseñado para que contribuyan de forma efectiva y eficiente a los programas de desarrollo del país, sin constituir un peso adicional para los mismos. Otra razón tenida en cuenta en las acciones de mitigación, es que la relación directa que existe entre las emisiones y la contaminación.

En Cuba, un papel importante en las emisiones contaminantes de la atmósfera lo tienen las industrias envejecidas e incluso obsoletas, por lo que disminuir emisiones de GEI, suele tener asociado un beneficio ambiental. Al mismo tiempo, al promover las energías limpias y la eficiencia energética, se está invirtiendo en las tecnologías del futuro y creando ventajas comparativas en nuevos mercados para energía, bienes y servicios con bajo nivel de emisiones de carbono dentro y fuera del país.

Por tanto, una política de reducción de emisiones puede tener varias ganancias implícitas, que incluyen menor gasto en combustible con el consiguiente ahorro económico, modernización tecnológica, reducción de la contaminación, mejor acceso a mercados y finalmente, aunque no menos importante, se contribuye a las metas globales de mitiga-

ción y a la solución del problema internacional del cambio climático, como aporte nacional y expresión de la solidaridad internacional y el respeto del país a estos compromisos. Entre los principales problemas que requieren investigación en el área de mitigación se encuentran:

- Potencial de mitigación en las principales metas de desarrollo en el PNDES 2030.
- Evaluaciones de necesidades tecnológicas para garantizar un desarrollo bajo en carbono.
- Evaluaciones financieras de los proyectos de desarrollo bajos en emisiones y su impacto económico.
- Líneas base de emisiones por sectores, proyecciones tendenciales y escenarios de mitigación a mediano y largo plazos.
- Determinación de Factores de Emisión propios para los principales procesos emisores de GEI en el país.

Los resultados alcanzados, a partir de los estudios anteriormente propuestos, conformarían las bases teóricas sobre las que se podría establecer, a futuro, una estrategia a largo plazo de desarrollo económico bajo en emisiones (LEDS, por sus siglas en inglés) si así lo decidiera el país.

No obstante ser el hombre y su relación con el medioambiente el destino final de los resultados alcanzados con los proyectos desarrollados en este período de trabajo; aún no se ha avanzado lo suficiente en el área relacionada con los problemas sociales y económicos. Este es uno de los vacíos fundamentales que existen. Es necesario realizar investigaciones que establezcan de manera diferenciada, desde el punto de vista de la especificidad de cada localidad, etario y de género, las vulnerabilidades de la sociedad cubana, los impactos que recibirán del cambio climático y como deben ser los procesos adaptativos. Es necesario incrementar la labor de educación sobre el cambio climático a todos los niveles; para propiciar que la participación comunitaria en la elaboración de medidas de mitigación y adaptación sea efectiva.

Ahondar en el examen cuantificado sobre los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas bajo los efectos de la variabilidad y el cambio climático, como fundamento a las acciones planificadoras, así como para el mejor diseño de las medidas de mitigación y adaptación, conjuntamente con la definición sobre los costos de la inacción ante el cambio climático, es otro de los desafíos en el enfrentamiento del cambio climático.

Importante también es que, con criterio de cierre de ciclo, las investigaciones que se lleven a cabo, deben incluir entre sus resultados un amplio programa de capacitación a los

actores nacionales vinculados con la toma de decisiones en sectores estratégicos de la economía como pueden ser: la agricultura, la producción azucarera, los recursos hídricos y la salud humana, entre otros. El objetivo básico es mostrar las ventajas que ofrece la consideración de los asuntos relacionados con el clima en la planificación a diferentes plazos de tiempo. Visto así, cubrir este vacío está orientado a la incorporación cada vez más amplia de los aspectos vinculados con el clima dentro de las estrategias de desarrollo del país.

ADAPTACIÓN

Los retos para la ciencia en la adaptación son grandes. En consecuencia, los resultados del Programa han prestado atención a este tema, vinculado con la evaluación de las vulnerabilidades y los impactos. Los estudios realizados permiten asegurar que la investigación científica relacionada con la adaptación al cambio climático debe integrar la visión siguiente en los proyectos que se ejecuten:

- Delimitar claramente la diferencia que existe entre la estrategia de adaptación al cambio climático y la estrategia de respuesta ante fenómenos meteorológicos o a otros problemas ambientales del presente. La estrategia de respuesta inmediata a estos fenómenos forma parte de los planes de contingencia que para casos de desastres existen en los países; mientras que, desde el punto de vista de la adaptación al cambio climático, la valoración de los fenómenos meteorológicos, sobre todo de los extremos, debe ser parte del reconocimiento de la vulnerabilidad y del análisis de cómo redu-

cirila, como punto de partida de la adaptación. La adaptación hay que verla a largo plazo y relacionada con el escenario progresivo del país.

- El horizonte temporal debe ser bien precisado, definiendo los impactos existentes desde ahora, de manera que se tengan en cuenta en las inversiones que se planifiquen. Esta práctica puede inducir la revisión de inversiones ya decididas e inversiones no previstas o pensadas para el futuro.
- Es importante desarrollar proyectos que promuevan soluciones naturales para la adaptación, como la adaptación basada en ecosistemas; así como la combinación de soluciones naturales con infraestructuras.
- Los proyectos que propongan medidas de adaptación, deben hacerlo considerando integralmente todos los aspectos de la sociedad. Las medidas de adaptación que se recomienden deben formularse desde la escala local hasta la nacional; incluyendo temas como la participación comunitaria, sensibilización y educación. En este sentido la visión de la conectividad entre la montaña y la costa debe también estar presente en los proyectos que se presenten.
- Los resultados deben, desde el presente, proponer regulaciones y normas técnicas que consideren el impacto del cambio climático, sobre todo para las actividades que ejecuten obras de larga vida útil.
- Teniendo en cuenta el rol del agua en la adaptación, es necesario desarrollar proyectos que consideren la disponibilidad y calidad futura de agua y su relación con los planes de desarrollo; el impacto del cambio climático sobre la infraestructura establecida bajo otro régimen climático e hidrológico y su operatividad y el agua como componente del ecosistema.

- En los ecosistemas se produce la fragmentación, degradación y reducción o desaparición de las especies, y esto debe ser reflejado en medidas de adaptación, con estrategias de conservación in situ para las especies amenazadas y protegidas, que debe ser extendida a otras especies. Es muy importante considerar el impacto de las especies exóticas invasoras.
- La determinación de los costos de las opciones de adaptación es una carencia importante; incluyendo el análisis de sensibilidad de las medidas ante diferentes escenarios económicos, sociales y ambientales.

TEMAS ESPECÍFICOS PARA NUEVOS PROYECTOS

El grupo de expertos del Programa Nacional de Ciencia “Impactos del Cambio Climático en Cuba: Impactos, Adaptación y Mitigación” identificó un conjunto de temas específicos que pueden ser proyectos concretos, que respondan a los retos antes expuestos. Estos son:

1. Procesos que regulan la variabilidad climática y de los extremos máximos.
2. Alteración del clima de la Tierra debido a los efectos en la ionosfera por eventos solares.
3. Escenarios climáticos futuros con mejor resolución temporal y espacial.
4. Completar la línea base o de referencia nacional y regional para mejorar la generación de escenarios climáticos.
5. Métodos de detección y atribución del cambio climático.
6. Papel de los extremos climáticos e hidrológicos en la gestión de los recursos hídricos.

- 7.** Profundizar en la conectividad dinámica entre los procesos oceanográficos.
- 8.** Variación de la interacción océano-atmósfera en las aguas profundas adyacentes de Cuba como consecuencia del cambio climático y su influencia en la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos.
- 9.** Interacción tierra-plataforma-océano, incluyendo los procesos de salinización y la acidificación.
- 10.** Impactos del cambio climático en recursos marinos vivos, con énfasis en especies comerciales.
- 11.** Especies exóticas invasoras relacionadas con el cambio climático.
- 12.** Impacto del cambio climático en el manejo y gestión en las pequeñas islas y cayos adyacentes a Cuba.
- 13.** Evaluación de los impactos y de medidas de adaptación y mitigación en empresas forestales no estudiadas.
- 14.** Papel de las Áreas Protegidas en la adaptación y en la mitigación.
- 15.** Perfeccionamiento de coeficientes de emisión empleados en los inventarios nacionales.
- 16.** Evaluación de los impactos de las plagas forestales bajo los efectos del cambio climático.
- 17.** Efectos esperables por aumento del CO₂, por la actividad forestal.
- 18.** Emisiones y captación en la actividad agrícola.
- 19.** Impactos del cambio climático en maíz, frijoles, leche, carne vacuna y huevos.
- 20.** Profundizar en los estudios de eficiencia energética
- 21.** Economía y FRE: factores que limitan la generación de energía
- 22.** Enfermedades humanas no crónicas.
- 23.** Impactos en el turismo.
- 24.** Sociedad, economía, desarrollo y cambio climático.
- 25.** Programas de educación y el cambio climático.

PROYECTOS EJECUTADOS
2013 - 2018





elación de proyectos concluidos en el período 2013-2018. Los resultados obtenidos en estos proyectos constituyen la bibliografía utilizada para este documento.

- INSTITUTO DE GEOFÍSICA Y ASTONOMÍA. 2014. Análisis y caracterización de eventos solares con estructura temporal fina y del sistema dinámico Viento Solar-Magnetosfera-Ionosfera. Dr. Adolfo L. Méndez Berhondo.
- INSTITUTO DE METEOROLOGÍA. 2014. Análisis integrado de los impactos del cambio climático y de las medidas de adaptación en el sur de Artemisa y Mayabeque. Dr. Eduardo Planos Gutiérrez.
- INSTITUTO DE GEOGRAFÍA TROPICAL. 2014. Evaluación Ambiental Integral de humedales prioritarios de Cuba. Amenazas actuales y potenciales. Dr. Lucas Fernández Reyes.
- INSTITUTO DE GEOGRAFÍA TROPICAL. 2015.. Incidencia Cambio Climático ante las áreas vulnerables a la desertificación de tierras en Cuba. Dr. Gustavo Martín Morales.
- INSTITUTO DE METEOROLOGÍA. 2015. El Caribe y los eventos climáticos extremos. Dr. Ramón Pérez Suárez
- MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL. 2015. valuación de Paleoclimas y Paleohuracanes en Cuba a partir de Registros Proxy de Alta Resolución. Dr. Jesús M. Pajón Morejón.

- CENTRO DE INGENIERÍA Y MANEJO AMBIENTAL DE BAHÍAS Y COSTAS. 2015. Determinación del volumen de gases contaminantes expulsados a la atmósfera por las fuentes móviles estatales de Cuba en el período 2007-2012. Dra. Martha María Amarales Contreras.
- INSTITUTO DE OCEANOLOGÍA. Anomalías y procesos de largo plazo en las aguas del golfo de México y Caribe. 2016. Dr. Marcelino Hernández.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FUNDAMENTALES EN AGRICULTURA TROPICAL. 2016. Estudio de los efectos de las altas temperaturas sobre el crecimiento y desarrollo de cultivares de granos de interés agrícola. Dr. Alfredo Socorro García.
- CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DE CIENFUEGOS. 2016. Aplicación del enfoque de Manejo Integral de Cuencas y Áreas Costeras como respuesta a los efectos del cambio climático: Estudio de la región centro sur de Cuba. MSC. Ángel Raúl León Pérez.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA AGRÍCOLA. 2016. Ajuste de las normas netas para el pronóstico de riego de los cultivos agrícolas en Cuba, en función de la variabilidad climática. Dra. Carmen E. Duarte Díaz.
- UNIVERSIDAD DE LA HABANA. 2016. Desarrollo de la base científica y tecnológica de la esfera ambiental en lo particular a lo relativo al cambio climático y la evaluación económica de medidas de adaptación. Dr. Juan Llanes Regueiro.

- CUBAENERGIA. 2016. Establecimiento de metodología para la evaluación de tecnologías energéticas ante el Cambio Climático. Dr. Wenceslao Carrera Doral.
- INSTITUTO DE METEOROLOGÍA. 2016. Generación de escenarios climáticos a futuro de alta resolución sobre Cuba, el Caribe y territorios adyacentes. MSc. Arnoldo Bezanilla Morlot.
- UNIVERSIDAD DE LA HABANA. 2016. Estimación de la eficiencia energética y el potencial de mitigación de emisiones de CO2 asociado, para sectores claves de la economía regional y cubana. Dr. José Somoza Cabrera.
- INSTITUTO DE OCEANOLOGÍA. 2017. Evaluación de los impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad y el desarrollo de estrategias adaptación en dos regiones de ecosistemas frágiles. Dra. Sandra Loza Álvarez.
- INSTITUTO DE METEOROLOGÍA- Ciego de Ávila. 2017. Elaboración de escenarios para el desarrollo fenológico situación fitosanitaria de cultivos agrícolas y zonas de interés medio ambiental en Ciego de Ávila: medidas de mitigación y adaptación. Dr. Alexis A. Hernández Mansilla.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRO FORESTALES. 2017. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático: Sector Forestal. Dra. Alicia Mercadet Portillo.
- CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DE CIENFUEGOS. 2017. Evaluación de los impactos socioeconómicos y culturales del cambio climático en zonas costeras: problemáticas, percepción social y predicciones en la construcción de herramientas para la participación pública. Dra. Clara Elisa Miranda Vera.

- CENTRO NACIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA. 2017. Sistema para estudios ecológicos y predicción de la dinámica de vectores. Dra. Ileana Miranda Cabrera.
- INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL. 2017. Alternativas tecnológicas sostenibles para adaptarse al cambio climático en empresas ganaderas de la provincia Mayabeque. MSc. Adrián Álvarez Adán.
- INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR. 2017. Variabilidad de la circulación oceánica y conectividad dinámica en el Canal de Yucatán, el Estrecho de La Florida y el Canal Viejo de Bahamas. MSc. Libertad Rodas Fernández.
- CUBAENERGIA. 2017. Impacto del cambio climático en los sistemas energéticos y su interacción con los recursos agua y uso de suelos. Lic Alina Roig Rassi.
- INSTITUTO DE METEOROLOGÍA. 2017. Influencia del clima, su variabilidad y la calidad del aire en algunas enfermedades no transmisibles en Cuba. MSc. Alina Rivero.
- INSTITUTO DE ECOLOGÍA Y SISTEMÁTICA. 2017. Distribución potencial actual y futura de la flora y la fauna de Cuba: Explorando efectos del cambio climático sobre la biota terrestre. Dr. Carlos A. Mancina González.
- INSTITUTO SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS APLICADA. 2017. Herramientas metodológicas para el tratamiento de datos y metadatos en el estudio del tiempo y el clima. MSc. Gisela del Valle Rodríguez.

- BIOECO. 2017. El cambio climático y la biodiversidad en la Reserva de la Biosfera Baconao, Cuba. MSc. Arianna González Rodríguez.
- INSTITUTO DE METEOROLOGÍA. 2017. Contribución a la disminución de las incertidumbres en los Inventarios Nacionales de Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero. Caso de estudio para los períodos 1990-2012 y 1990-2014. MSc. Ernesto Carrillo.
- INSTITUTO DE METEOROLOGÍA. 2017. Evaluación de los impactos de la variabilidad y el cambio climático en Cuba y factores de forzamiento climático. Estudio de caso: Isla de la Juventud. Dra. Cecilia Fonseca Rivera.
- INSTITUTO DE GEOGRAFÍA TROPICAL.2017. Cuencas hidrográficas y zona costera del Este de La Habana. Aspectos de su ambiente ante los retos del cambio climático. MSc. Grisel Barranco Rodríguez.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRO FORESTALES Santiago de Cuba. 2017. Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en el sector cafetalero cubano. MSc. Ramón Antonio Ramos Navas.

AUTORES
DE RESULTADOS



Proyecto: ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE EVENTOS SOLARES TIPO PULSANTES CON ESTRUCTURA TEMPORAL FINA Y DEL SISTEMA DINÁMICO VIENTO SOLAR-MAGNETOSFERA-IONOSFERA

IGA

- 1.** Adolfo L. Méndez Berhondo
- 2.** Isabel T. Rodríguez Esnard
- 3.** Arián Ojeda González
- 4.** Siomel Savio Odriozola
- 5.** Katy Alazo Cuartas
- 6.** Ana Karla Díaz Rodríguez
- 7.** Samuel Vázquez Hernández
- 8.** Pablo Sierra Figueredo
- 9.** Ramsés Zaldivar Estrada
- 10.** Lupe Cuendias Pérez
- 11.** Ramón Carrasco Duboué
- 12.** Lázara Cordero Pérez
- 13.** Matilde González Martínez
- 14.** Maribel Pérez González
- 15.** María Elena Muñiz Sánchez

ICIMAF

- 16.** Guillermo Álvarez Bestard
- 17.** Miguel A. Machirán Simón
- 18.** Ania Rodríguez Ramírez
- 19.** Rafael Acosta Julián
- 20.** Frank Paracello de la Cruz
- 21.** Yarán Ortega Cortigueira
- 22.** Juan Rodríguez de la Morena.

Proyecto: EVALUACIÓN DE IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA BIODIVERSIDAD Y EL DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN EN DOS REGIONES DE ECOSISTEMAS FRÁGILES DE CUBA

ICIMAR

- 23.** Sandra Loza Álvarez
- 24.** Gladys M. Lugioyo Gallardo
- 25.** Mayelín Carmenate Fernández
- 26.** Oralys C. Albuquerque
- 27.** Ileana de los A. García Ramil
- 28.** Linnet Busutil
- 29.** Néstor Rey Villiers
- 30.** Alain García
- 31.** Sheila Rodríguez Machado

32. Ariagna Lara Lorenzo
33. Patricia M. González-Sánchez
34. Pedro Alcolado Menéndez
35. Pedro Alcolado Prieto
36. Franklyn García
37. Aida C. Hernández Zanuy
38. Lorena González-Casuso
39. José F. Montalvo
40. Jazmín Núñez Luis
41. Beatriz Alamo
42. Marcelino Hernández Hernández
43. Liliam Arriaza
44. Yudelsi Carrillo Betancourt
45. Claudia Bolivar Rodríguez
46. Johan Navarro Padrón
47. Sandra Loza Álvarez
48. Gladys M. Lugoioyo Gallardo
49. Mayelín Carmenate Fernández
50. Oralys C. Alburquerque
51. Ileana de los A. García Ramil
52. Linnet Busutil
53. Néstor Rey Villiers
54. Alain García
55. Sheila Rodríguez Machado
56. Ariagna Lara Lorenzo
57. Patricia M. González-Sánchez
58. Pedro Alcolado Menéndez
59. Pedro Alcolado Prieto
60. Franklyn García
61. Aida C. Hernández Zanuy
62. Lorena González-Casuso
63. José F. Montalvo
64. Jazmín Núñez Luis
65. Beatriz Alamo
66. Marcelino Hernández Hernández
67. Liliam Arriaza
68. Yudelsi Carrillo Betancourt
69. Claudia Bolivar Rodríguez
70. Johan Navarro Padrón
71. Leidys Santos Rodríguez
72. Jorge Luis Hernández
73. Pedro Manuel Cruz Pérez
74. Raudel García Santos
75. Magalys Sánchez Lorenzo
76. Daymarlen González Tamayo
77. Jessica Fernández Acosta
78. Tania T. Reyes
79. Dulce M. Pérez Zayas
80. Joaquín Rendón
81. Jorge Oliva Duarte
82. Johannes Acosta Díaz
83. Irene Rivero
84. Javier González Domínguez
85. Luis Sorinas Morales
86. Pedro M. González Jardines
87. Damian León Guevara

- 88. Yanet Echevarría
- 89. Esp. Dulce Ma. Peña

IGT

- 90. Gustavo Martín Morales
- 91. Miguel Ribot
- 92. Alejandro Olivero
- 93. Miriam Labrada
- 94. Zarith Pérez Pérez
- 95. Orlando Novuoa
- 96. Obyuris Cárdenas
- 97. Odalys Bouza Alonso
- 98. Idalmis Almeida Hernández

- 99. Jorge Olivera Acosta
- 100. Daniela Calvo Monteagudo
- 101. Marlene García Pérez
- 102. Antonio Rodríguez

INSMET

- 103. Abel Centella
- 104. Arnoldo Bezanilla
- 105. Li Fernández García
- 106. Yaritzza González
- 107. Orlando Osa
- 108. Pablo Varona

Proyecto: ANÁLISIS INTEGRADO DE IMPACTOS Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN EL SUR DE ARTEMISA Y MAYABEQUE

INSMET

- 109. Eduardo O. Planos Gutiérrez
- 110. Vladimir Guevara

- 111. Marieta Hernández Sosa
- 112. Dagne Boudet Rouco
- 113. Nancy Fernández Mosquera

Proyecto: INCIDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ÁREAS VULNERABLES A LA DESERTIFICACIÓN DE LAS TIERRAS

IGT

- 114. Gustavo Martín Morales
- 115. Miguel Ribot Guzmán
- 116. Marlen Palet Rabaza

- 117. Idalmis Almeida Martínez
- 118. Zarith Pérez Pérez
- 119. Dayana Torres
- 120. Enrique Jiménez

121. José L. Batista

122. Marlen García Pérez

CITMA

123. Reino Orlay Cruz Díaz

124. Antonio Vantour Causse

125. Maribel Páez Moro

IES

126. René. Capote López

INSMET

127. Ransés Vázquez Montenegro

AMA

128. Juliette Díaz Abreu

Proyecto: EL CARIBE Y LOS FUTUROS EXTREMOS CLIMÁTICOS

INSMET

129. Ramón Pérez Suárez

130. Paulo Ortiz Bultó

131. Lourdes Álvarez Escudero

132. Braulio Lapinel Pedroso

133. Maritza Ballester Pérez

134. Abel Centella Artola

135. Israel Borrajero Montejo

136. Alina Rivero Valencia

137. Idelmis González García

138. Miriam Limia Martínez

139. Cecilia Fonseca Rivera

140. Ida Mitrani Arenal

141. Oscar Onoe Díaz Rodríguez

142. Cecilia González Pedroso

143. Marieta Hernández Sosa

144. Boris Barja González

145. Frank García Parrado

146. Pedro Roura Pérez

147. Juliet Perdigón Morales

148. Yandy González Mayor

149. Yaima Rodríguez Valiente

CMP CAMAGÜEY

150. Juan Carlos Antuña Moreno

151. René Estevan Arredondo

Proyecto: ANOMALÍAS Y PROCESOS DE LARGO PLAZO DE LAS AGUAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y EL MAR CARIBE

IDO

152. Marcelino Hernández

153. Joan Navarro Padrón

154. Liliam Arriaza Oliveros

- 155.** Sergio Luis Lorenzo Sánchez
- 156.** Claudia Bolívar Rodríguez
- 157.** Pedro Manuel González Jardines
- 158.** Damián León Guevara
- 159.** Luis Sorinas Morales
- 160.** Javier González Domínguez
- 161.** Daimy Avila Rodríguez
- 162.** Grethel García Bubucogen
- 163.** Lázaro Miguel Soto Calaña
- 164.** Martha María Rivero Fernández
- 165.** Darlene Ferreiro Álvarez
- 166.** Inaivis Santos Carrillo

INSMET

- 167.** Amílcar E. Calzada Estrada
 - 168.** Dagne Boudet Rouco
 - 169.** Yunisleydi Rodríguez Díaz
 - 170.** Miguel Á. Hernández Martínez
 - 171.** Nilo Hernández Oroscó
 - 172.** Dailin Reyes Perdomo
- #### **GEOCUBA**
- 173.** Orlando Marzo Lobaina
 - 174.** Yudit Ríos Ortega
 - 175.** Yanuary Garrido Lindsay

Proyecto: CAMBIO CLIMÁTICO. ELABORACIÓN DE ESCENARIOS PARA EL DESARROLLO FENOLÓGICO, SITUACIÓN FITOSANITARIA DE CULTIVOS AGRÍCOLAS Y ZONAS DE INTERÉS MEDIO AMBIENTAL EN CIEGO DE ÁVILA

INSMET CIEGO DE ÁVILA

- 176.** Alexis A. Hernández Mansilla
- 177.** Ramsés Vázquez Montenegro
- 178.** Yadira Valentín Pérez
- 179.** Aliana López Mayea
- 180.** Maite Ávila Espinosa
- 181.** Oscar Benedico Rodríguez

- 182.** Denia González Alfonso
- 183.** Orlando Córdova García

UNIVERSIDAD DE VIGO

- 184.** Roger Sorí Gómez

UNIVERSIDAD

CIEGO DE ÁVILA

- 185.** Maite Ávila Espinosa

Proyecto: EVALUACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL DE HUMEDALES PRIORITARIOS DE CUBA. AMENAZAS ACTUALES Y POTENCIALES

IGT

- 186.** Lucas Fernández
- 187.** Grisell Barranco
- 188.** Miriam Labrada
- 189.** Ada Roque Miranda
- 190.** Obllurys Cárdenas
- 191.** Ángela Armiella
- 192.** Hilda Alfonso de Anta
- 193.** Laura Azor
- 194.** Liz Marrero
- 195.** Enrique Rodríguez
- 196.** Vanessa Linares
- 197.** Alejandro Oliveros
- 198.** Elías Ramírez Cruz
- 199.** Gustavo Martín
- 200.** Yoel Couzán
- 201.** Annia M Pérez García
- 202.** Iraida González
- 203.** Miladys Yglesias
- 204.** Idalmis Almeida
- 205.** Luis David Almeida Famada

- 206.** Morales Ruitiña Freddy

ECOVIDA

- 207.** Hermes Farfán González
- 208.** Yosvany Lemus Martínez.
- 209.** Jorge Ferro Díaz
- 210.** Nairy Ada Redonet Gómez
- 211.** Freddy Delgado Fernández
- 212.** Ana María Castro Barrio
- 213.** Alina Pérez Hernández
- 214.** Evelyn Pérez Rodríguez
- 215.** Carmen L. Hernández
- 216.** María Rosa González Sánchez
- 217.** Carlos Abel Márquez Lam
- 218.** José A. Camejo Lamas
- 219.** María Emma Palacios Lemagne
- 220.** Yudalsys Córdova Domínguez
- 221.** Yoel Vázquez Pérez
- 222.** Nelson A. González Cabrera
- 223.** Aldo L. Ramos Hernández
- 224.** Dolores I. Cala. Concepción

Proyecto: CONTRIBUCIÓN DEL SECTOR FORESTAL A LA TERCERA COMUNICACIÓN NACIONAL

INAF

- 225.** Alicia Mercadet Portillo
- 226.** Arnaldo Álvarez Brito
- 227.** Arsenio Renda Sayoux
- 228.** René López Castilla
- 229.** Pedro P. Henry Torriente
- 230.** Celia Guerra Rivero
- 231.** Yolanis Rodríguez Gil
- 232.** Natividad Triguero Isasi
- 233.** Bárbara Aguirre Dorado
- 234.** María Victoria García
- 235.** Luis Gómez Pérez
- 236.** Julio Martínez Valdivieso Suárez
- 237.** Christian Chang Villalba
- 238.** Diane Domínguez Formoso
- 239.** Claudia M. Torres Fernández
- 240.** Irene De la Rosa Sánchez
- 241.** Sandra Herrera Soler
- 242.** Manuel Valle López
- 243.** Íris Enríquez González
- 244.** Lourdes Sordo Olivera
- 245.** Yusleidy Carmona Caballero
- 246.** Osiris Ortiz Álvarez
- 247.** Milagros González Alfonso
- 248.** Lourdes Gómez Pulido
- 249.** Roberto Ramos Gutiérrez
- 250.** Carlos Y. Milian Martínez
- 251.** Misleydis Morales Lezcano
- 252.** Dariel Morales Querol
- 253.** Leonardo Falcón Rodríguez
- 254.** Ma. Carmen Berrios Smith
- 255.** Yaumara Miñoso Bonilla
- 256.** Yosvani Fleitas Camacho
- 257.** Florencio Raul Ramos
- 258.** Liliana Caballero Landin
- 259.** Gardenis Merlán Mesa
- 260.** Armando Solano Cabrera
- 261.** María M. Martínez Flores
- 262.** Josvel Hernández Pérez
- 263.** Ketty Ramírez Hernández
- 264.** Robbie Reyes Quintana
- 265.** Alquilio Mosquera Figueroa
- 266.** Andrés Hernández Riquene.
- 267.** Lorge Acosta Roche
- 268.** Yailín Beltrán González
- 269.** Yadisleydis Consuegra Taboada
- 270.** Víctor Arévalo Guevara
- 271.** Alberto P. Pelegrín Torres
- 272.** Yunior Álvarez Góngora
- 273.** Arlety Ajete Hernández
- 274.** Eider Suárez Ramos
- 275.** Adela Frometa Cobas
- 276.** Caridad Catanares

Proyecto: ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE CULTIVARES DE GRANOS DE INTERÉS AGRÍCOLA

INIFAT

- 277.** Alfredo Socorro García
- 278.** Lázaro Walon García
- 279.** Michely Vega León
- 280.** Yoania Ríos Rocaful
- 281.** Yarelis Ortíz Núñez
- 282.** Elda Ramos Ramos
- 283.** Raúl Cristóbal Suárez
- 284.** Lissett Gutiérrez Hernández
- 285.** Susana Calderón Piñar
- 286.** Mirian C. Gordillo Orduño
- 287.** Rafael Castañeda Ruiz
- 288.** Melba Cabrera Lejardy
- 289.** Beatriz Ramos García
- 290.** Marisel Ortega García
- 291.** Leanne Ortíz Gillan
- 292.** Sonia Marrero Granados
- 293.** María Julia Mendoza Estévez
- 294.** Yamilet Rodríguez Díaz
- 295.** Carmen Sánchez Haber
- 296.** Sahily Fraga Ruiz
- 297.** Lázaro Y. Lorenzo Ravelo
- 298.** Yaiselys O. Hernández Fernández
- 299.** Maribel Roig Expósito
- 300.** Sergio Abreu Hernández
- 301.** Maydelín Dorado Bermúdez

Proyecto: DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE GASES CONTAMINANTES EXPULSADOS A LA ATMÓSFERA POR LAS FUENTES MÓVILES ESTATALES DE CUBA (2007-2012)

- 302.** Martha Amarales Contreras
- 303.** Xiomara Cardoso Alguezabal
- 304.** Rafael Biart Hernández
- 305.** Gilberto Milanés Rodríguez
- 306.** Abel Pérez Cabrera
- 307.** Liliana Varela Beltrán
- 308.** Karina Socarras Stable
(colaboradora)
- 309.** Gretel Sánchez Angarica
(colaboradora)

Proyecto: ESTUDIO DE LOS IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ZONAS COSTERAS DE LA PROVINCIA DE CIENFUEGOS: PROBLEMÁTICAS, PERCEPCIÓN SOCIAL Y PREDICIONES EN LA CONSTRUCCIÓN DE HERRAMIENTAS PARA LA PARTICIPACIÓN PÚBLICA

CEAC

- 310.** Clara E. Miranda Vera
- 311.** Ángel R. León Pérez
- 312.** María E. Castellanos González
- 313.** Minerva Sánchez Llull
- 314.** Lester Caravaca Colina
- 315.** Maia Viera Cañive
- 316.** Laura Castellanos Torres
- 317.** Tatiana Alonso Pérez
- 318.** Elizabeth Álvarez Padilla
- 319.** Eugenio Olalde Chang
- 320.** Regla María Alomá Oramas

- 321.** Yenizeys Cabrales Caballero
- 322.** Marileny Ramos Palenzuela
- 323.** Sonia Uriza Hernández
- 324.** Raúl Fernández Garcés
- 325.** Zenaida Usagaua Ramos
- 326.** Jorge Osmani Niebla

UCF

- 327.** Yenny Sosa Castillo
- 328.** Yoanelis Mirabal Pérez

UDeG/CITMA

- 329.** Yaisa Sánchez Calderón

Proyecto: APLICACIÓN DEL ENFOQUE DE MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS Y ÁREAS COSTERAS COMO RESPUESTA A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO: ESTUDIO DE LA REGIÓN CENTRO-SUR DE CUBA

CEAC

- 330.** Ángel Raúl León Pérez
- 331.** María E. Castellanos González
- 332.** Regla María Alomá Oramas

- 333.** Eugenio Olalde Chang
- 334.** María Gloria Fabregat
- 335.** Tatiana Alonso Pérez
- 336.** Clara E. Miranda Vera

- 337.** Ángel Moreira González
- 338.** Sonia Uriza Hernández
- 339.** Laura Castellanos Torres
- 340.** Maia Viera Cañive
- 341.** Omar Gutiérrez

- 342.** Sandra Fraga Cabrera
- 343.** Minerva Sánchez Yull

INSMET CIENFUEGOS

- 344.** Sinai Barcia Sardiñas

Proyecto: AJUSTE DE LAS NORMAS NETAS PARA EL PRONÓSTICO DE RIEGO DE LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS EN CUBA, EN FUNCIÓN DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

IAgric

- 345.** Carmen Duarte Díaz
- 346.** Elisa Zamora Herrera
- 347.** Aymara García López
- 348.** Reinaldo Rodríguez
- 349.** Julián Herrera Puebla
- 350.** Felicita González
- 351.** Teresa López
- 352.** Roberto Martínez
- 353.** Ricardo Pérez
- 354.** Greco Cid Lazo
- 355.** Aleida Leiva
- 356.** Reinaldo Cun González
- 357.** Dariel González
- 358.** Joaquín Guzmán Vizcaíno

- 360.** Hugo L. Benítez García
- 361.** Marcos Bagarott iMarin
- 362.** Adayakn Sánchez Castro
- 363.** Basilia M. Fernández Agudín
- 364.** Madelaine Quiñones Pantoja
- 365.** Berta Esther Piñol Pérez
- 366.** Susana Ramirez González
- 367.** Moraima Suris Campos
- 368.** Mayra Rodríguez Hernández
- 369.** Daine Hernández Ochandía
- 370.** Lidia López Perdomo
- 371.** Roberto Enrique Regalado
- 372.** Heyker L. Baños Díaz
- 373.** Marbely del Toro Benítez
- 374.** María de los Angeles Martínez
- 375.** Aleika Yglesia Lozano
- 376.** Ismaray Basaco Castro

CENSA

- 359.** Ileana Miranda Cabrera

INSMET

- 377.** Damiris Herrera Hernández
- 378.** Arnoldo Bezanilla Morlot
- 379.** Yoel Sánchez Pantaleón

IAgric

- 380.** Yodelaine Gómez Beritán
- 381.** Carlos Iglesias
- 382.** Magdalena Pedroso Pérez
- 383.** Osvaldo Campos Pie
- 384.** Jorge Aguilera Díaz
- 385.** Norma Jiménez
- 386.** Omar Puig Estrada
- 387.** Enrique Cisneros

IAgric CAMAGÜEY

- 388.** Camilo Bonet
- 389.** Pedro Guerrero
- 390.** Amelia González
- 391.** Dania Rodríguez

INCA

- 392.** Carlos Lamela Felipe
- 393.** Reinaldo Roque

INCA L.P.

- 394.** Lázaro A. Maqueria López
- 395.** Michel Ruiz Sánchez

Proyecto: DESARROLLO DE LA BASE CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA ESFERA AMBIENTAL EN LO PARTICULAR A LO RELATIVO AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

CEMA

- 396.** Juan Llanes Regueiro
- 397.** José Somoza
- 398.** Yeniley Allegue

FACULTAD ECONOMÍA UH

- 399.** Alejandro Delgado

INSMET MATANZAS

- 400.** Nilian Fernández

INRH MATANZAS

- 401.** Ubalde Aballí

UNIVERSIDAD DE MATANZAS

- 402.** Mercedes Marrero Marrero

Proyecto: SISTEMA PARA ESTUDIOS ECOLÓGICOS Y PREDICCIÓN DE LA DINÁMICA DE VECTORES

CENSA

- 403.** Ileana Miranda Cabrera
- 404.** Hugo L. Benítez García
- 405.** Marcos Bagarotti Marin
- 406.** Adayakni Sánchez Castro
- 407.** Basilia Miriam Fernández Agudín
- 408.** Madelaine Quiñones Pantoja
- 409.** Berta Esther Piñol Pérez
- 410.** Susana Ramirez González
- 411.** Moraima Suris Campo
- 412.** Mayra Rodríguez Hernández

- 413.** Daine Hernández Ochandía
- 414.** Lidia López Perdomo
- 415.** Roberto Enrique Regalado
- 416.** Heyker L. Baños Díaz
- 417.** Marbely del Toro Benítez
- 418.** María de los Angeles Martínez
- 419.** Aleika Yglesia Lozano
- 420.** Ismaray Basaco Castro

INTEC

- 421.** Damiris Herrera Hernández
- 422.** Arnoldo Bezanilla Morlot

Proyecto: ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS SOSTENIBLES PARA ADAPTARSE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ÁREAS GANADERAS DE LA PROVINCIA MAYABEQUE

ICA

- 423.** Adrián Álvarez Adán
- 424.** Rafael S. Herrera
- 425.** Sandra LokMejias
- 426.** Delia Ma. CinoNodarce
- 427.** Duniel Pérez
- 428.** Carlos E. González González

- 429.** Osney Gerardo Pérez Acosta
- 430.** Jorge Luis Rodríguez Díaz
- 431.** Ana Valeria Enríquez Regalado
- 432.** Laisury Díaz Mora
- 433.** Mirna Artilés Piloto
- 434.** Manuel García Martínez
- 435.** Lucia Sarduy García

Proyecto: VARIABILIDAD DE LA CIRCULACIÓN OCEÁNICA Y CONECTIVIDAD DINÁMICA EN EL CANAL DE YUCATÁN, EL ESTRECHO DE LA FLORIDA Y EL CANAL VIEJO DE BAHAMAS

ICIMAR

- 436.** Liliam Arriaza Oliveros
- 437.** Marcelino Hernández
- 438.** Joel Trincado Ventura
- 439.** Yosbani Lope Concepción
- 440.** Claudia Arlen Fernández
- 441.** Laura Benítez Rodríguez
- 442.** Yuddelsy Carrillo Betancourt
- 443.** Johan Navarro Padrón
- 444.** Claudia Bolívar Rodríguez
- 445.** Daviel Almanza Galván
- 446.** Cleofe Valladares

Proyecto: IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS Y SU INTERACCIÓN CON LOS RECURSOS AGUA Y USO DE SUELOS

CUBAENERGÍA

- 447.** Alina Roig Rassi
- 448.** Elieza Meneses Ruiz
- 449.** Ernesto Paz Ortega
- 450.** Diosdado Alonso García
- 451.** Heydi Contreras Peraza
- 452.** Iveitty Soto Guevara
- 453.** Jorge Alvarado Cartaya
- 454.** David Pérez Martín
- 455.** Ileana López López
- 456.** Belkis Soler
- 457.** Henry Ricardo
- 458.** Maikel I. Domínguez García
- 459.** Juan Francisco Zuñiga
- 460.** Anaely Saunders Vázquez

INSMET

- 461.** Osvaldo Cuesta Santos
- 462.** Arnaldo Collazo Aranda
- 463.** Ricardo Manso Jiménez
- 464.** Lourdes Álvarez Escudero
- 465.** Israel Borrajero Montejo

MINEM

- 466.** Lázaro Ravelo Parra
- 467.** Rebeca Orozco Cruz

Proyecto: ESTABLECIMIENTO DE METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

CUBAENERGÍA

468. Wenceslao Carrera Doral

469. David Pérez Martín

470. Iván Relova

471. Enrique Landa

472. Ileana López

473. Belkis Soler

474. Henry Ricardo

475. Alfredo Curbelo

476. Oscar Jimenez

477. Yoel Suarez

478. Elieza Meneses

479. Alina Roig Rassi

480. Ernesto Paz Ortega

481. Diosdado Alonso

CIMAB

482. Marta Amarales Contreras.

483. J.M. Villarroel Castro

IPP

484. Yaser M. Díaz Cardesuñer

485. Tamara Cruz Silbeto. IPP

486. Guadalupe Rodríguez. Dirección
Transporte Habana

Proyecto: EVALUACIÓN DE PALEOCLIMAS Y PALEOHURACANES EN CUBA PARTIR DE REGISTROS-PROXY DE ALTA RESOLUCIÓN

MNHN

487. Jesús M. Pajón

488. Reinaldo Rojas Consuegra

GAMMA

489. Leslie F. Molerio. GAMMA

INSMET

490. Ramón Pérez

491. Eduardo Planos

Proyecto: INFLUENCIA DE LA VARIABILIDAD DEL CLIMA Y LA CALIDAD DEL AIRE EN ALGUNAS ENFERMEDADES CRÓNICAS NO TRANSMISIBLES EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DE CUBA

INSMET

- 492.** Alina Rivero Valencia
- 493.** Paulo Ortíz Bultó
- 494.** Vladimir Guevara Velazco
- 495.** Javier Bolufé Torres
- 496.** Yunisleydi Rodríguez Díaz
- 497.** Pedro Roura Pérez
- 498.** Miriam Limia Martínez
- 499.** Antonia León Lee.

- 500.** Yosdany González Jaime
- 501.** Ernesto Carrillo Vitale
- 502.** Reynaldo Báez Altamirano
- 503.** Dunia Hernández González
- 504.** Cristina Reyes Fernández

CLAMED

- 505.** Luis Sauchay Romero

HPCH

- 506.** Liset LeónGarcía

Proyecto: DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUAL Y FUTURA DE ESPECIES DE LA FLORA Y LA FAUNA DE CUBA: EXPLORANDO EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA BIOTA TERRESTRE

IES

- 507.** Carlos A. Mancina
- 508.** Betina Neyra Raola
- 509.** Karina Velazco Pérez
- 510.** Daryl D. Cruz Flores
- 511.** Ilsa M. Fuentes Marrero
- 512.** Maike Hernández Quita
- 513.** Félix N. Estrada Piñero
- 514.** Ileana Fernández
- 515.** Héctor M. Díaz Perdomo

- 516.** Manuel Iturriaga Monsisbay
- 517.** Lisbet González Oliva
- 518.** Alejandro López Michelena
- 519.** María T. González Echevarría
- 520.** Jorge L. Fontenla Rizo
- 521.** Arturo Hernández Marrero
- 522.** Aylín Alegre Barroso
- 523.** Lisbet Barbán Álvarez
- 524.** Gustavo Blanco Vale
- 525.** Isora Baro Oviedo

- 526.** Reina Echeverría Cruz
527. Hiram González Alonso
528. Hermen Ferras Álvarez
529. Luis D. Almeida Famada

CNAP

- 530.** Rolando Fernández de Arcila
531. Amnerys González
532. María A. Castañeira

***Proyecto:* ESCENARIOS CLIMÁTICOS DE ALTA RESOLUCIÓN SOBRE EL CARIBE USANDO EL MODELO PRECIS: ANÁLISIS PRELIMINAR SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE DOS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN CUBA. PROGRAMA NACIONAL ASOCIADO**

INSMET

- 533.** Arnoldo Bezanilla Morlot
534. Abel Centella Alfredo Roque

- 535.** Israel Borrajero
536. Yoandy Alonso

***Proyecto:* HERRAMIENTA METODOLÓGICA PARA EL TRATAMIENTO DE DATOS Y METADATOS EN ESTUDIOS DEL TIEMPO Y EL CLIMA**

INTEC

- 537.** Gisela del Valle Rodríguez
538. Águeda L. García Martín
539. María J. Codorníu Pujals

- 540.** Yusvelis Bárzaga Ramírez
541. Odalys Rodríguez Perea
542. Nidia Sánchez Pigberg

***Proyecto:* EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA BIODIVERSIDAD EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA BACONAO**

BIOECO

- 543.** Arianna González Rodríguez

- 544.** Juan Carlos Naranjo López
545. Luz M. Figueredo Cardona

- 546.** David Maceira Filgueira
547. Claudio J. Carracedo González
548. Nicasio Viña Bayés
549. Nicasio Viña Dávila
550. Ansel Fong Grillo
551. Rolando Teruel Ochoa
552. Freddy Rodríguez Santana
553. Alexander Sánchez Ruiz
554. Franklyn Cala Riquelme
555. Albert Deler Hernández
556. Eduardo Portuondo Ferrer
557. Gabriel Garcés González
558. Jorge Luis Reyes Brea
559. Luis Omar Melián Hernández
560. Beatriz Lauranzón Meléndez
561. Pedro López del Castillo
562. Irelis Bignotte Giró
563. Malbelis Padilla Sánchez
564. Yasit Segovia Vega
565. Orlando Joel Reyes Domínguez
566. Félix Acosta Cantillo
567. Ángel Motito Marín
568. Kesia Mustelier Martínez
569. María Elena Potrony Hechavarría
570. Gustavo Polanco Durán
571. Yamila Baró Bou
572. Miguel Ángel Castell Puchades
573. Abel Almarales Castro
574. Yoira Rivera Queralta
575. Josefina Blanco Ojeda
576. Jainer Costa Acosta
577. Rosa María Brooks Laverdeza
578. Yenisey Revilla Góngora
579. Maricel Pérez Martin
580. Consuelo Martínez Rodríguez
581. Euclides Fornaris Gómez
582. Alberto Beyris Mazar
583. Pedro Siboney Bergues Garrido
584. Alina Morell Bayard MSc.
585. Maritza Villalón Pozo
586. Jesús Pérez Pérez
587. Aniuris Téllez Matos
588. Marta Iris Gelis Bery
589. Roxana Cruz Doimeadiós
590. Moraima Ciscard Álvarez
591. Rosa Digna Gutiérrez Calzado
592. Surmaily La Llave Rodríguez
593. Yuliet Cutiño MoradoMabel
594. Victorero Maturell
595. Luis Orlando Álvarez Quintana
596. Miguel Ángel Abad Salazar
597. Arturo Salmerón López
598. María del Carmen F.Espinosa
599. Giraldo Acosta Alcolea
600. Mayelín Silot Leyva
601. Margarita Sánchez Losada

- 602.** Axel Campos Castro
- 603.** Yoendry Paz Rodríguez
- 604.** Jorge Antonio Tamayo Fonseca
- 605.** Israel Melián Caballero
- 606.** Arelis Mustelie Lezcay
- 607.** María Irene Castillo González
- 608.** Carlos Domínguez T. Richmand
- 609.** Asdrúbal Viña Peláez
- 610.** Iván Manet
- 611.** Yasmany Salmon Mariano
- 612.** Jaime Nadal
- 613.** Carmen Plasencia León
- 614.** Rubiel Boudet Ribera
- 615.** Daniel Bermúdez Guerra
- 616.** Yordis Barriento Barriento
- 617.** Yaquelín Rivera Rivera
- 618.** Yoendry Ricardo Tamé
- 619.** Luis Antonio Casanella Cué
- 620.** Julia Elena Izquierdo Berroa
- 621.** Maritza Mustelie Mulén
- 622.** Ibrahim Sánchez Zamora
- 623.** Félix Mulén Lazo
- 624.** Alexis Hernández Almarales
- 625.** Eugenio Borges Espinosa

- 626.** Rafael Lazo Revilla
- 627.** Reynier Infante Hernández
- 628.** Gustavo Shelton Serrano
- 629.** Manuel García Caluff
- 630.** Maité Serguera Niño

UMA SANTIAGO DE CUBA

- 631.** Renato Esteve La O.

MEGACEN

- 632.** Soe del C. Márquez Montoya
- 633.** María Elena Ramírez Estevez
- 634.** Elianne Silva Márquez
- 635.** Pavel Castellanos Silva
- 636.** Alexander Domínguez Blanco
- 637.** Hayde Vidal Carrillo - Técnico
- 638.** Lanyin Zaldívar - Técnico

INSMET SANTIAGO DE CUBA

- 639.** Leonel Domínguez Borrero
- 640.** Susel Sánchez Helpi
- 641.** Mirna Martínez Mustelie
- 642.** Salvador Alonso Laudin

Proyecto: DISMINUCIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES EN LOS INVENTARIOS NACIONALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO: ESTUDIO DE CASO PARA LOS PERÍODOS 1990-2012 Y 1990-2014

INSMET

- 643.** Ernesto R. Carrillo Vitale
- 644.** Ricardo W. Manso Jiménez
- 645.** Carlos Sosa Pérez
- 646.** Yosdany González Jaime
- 647.** Javier Bolufé Torres
- 648.** Dagne Boudet Rouco
- 649.** Antonia León Lee
- 650.** A. Vladimir Guevara Velazco
- 651.** Cecilia González Pedroso
- 652.** Gerald M. Malagón Menéndez
- 653.** Almara Sánchez Díaz
- 654.** Humberto R. Acosta González
- 655.** Sinai Barcia Sardiñas
- 656.** Claudio S. Castillo Oliva
- 657.** Marilyn Barcia Sardiñas

- 658.** Emilio Caballero Reyes

CUBAENERGÍA

- 659.** David Pérez
- 660.** Ileana López
- 661.** Henry Ricardo Mora

INAF

- 662.** Alicia Mercadet
- 663.** Arnaldo Álvarez Brito
- 664.** Yolanis Rodríguez Gil

CIMAB

- 665.** Martha Amarales
- 666.** Rafael Biart
- 667.** Xiomara Cardoso

Proyecto: EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO. ESTUDIO DE CASO: ISLA DE LA JUVENTUD

INSMET

- 668.** Cecilia Fonseca Rivera

- 669.** Eduardo Planos Gutiérrez
- 670.** Luis R. Paz Castro

- 671.** Ramón Pérez Suárez
672. Tomás Gutiérrez Pérez
673. Abel Centella Artola
674. Arnoldo Bezani Il Morlot
675. Marieta Hernández Sosa
676. Idelmis González García
677. Dagne Boudet Rouco.
678. Nancy Fernández Mosquera
679. Eudimio Martínez Chapman
680. Mercedes Soler García
681. Edgardo Soler Torres
682. Luis Sánchez
683. José Izquierdo Novelle
684. Yami la Gongora Vidiauth
685. Ana Delia Hernández Leiva
686. Vladimir Guevara Velazco
687. Antonia León Lee
688. Yaritza Gómez Villa
689. Virgen Cutié Cancino
690. Sinai Barcia Sardiñas
691. Willermo Saura
692. Felicia Sánchez

Proyecto: CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y ZONA COSTERA DEL ESTE DE LA HABANA. ASPECTOS DE SU AMBIENTE ANTE LOS RETOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

IGT

- 693.** Grisel Barranco Rodríguez
694. Ángela Arniella
695. Olga L. Cárdenas Valdés
696. Alfredo Gil Rodríguez
697. Dayron González
698. Iraida González Mosquera
699. Elías Ramírez Cruz
700. Orestes Sardiñas
701. Oblluris Cárdenas López
702. Lucas Fernández Reyes
703. Carmen González Garciandía
704. Miriam Labrada Pons
705. Orlando Novua Álvarez
706. Ada R. Roque Miranda
707. Arsenio Areces Mayea
708. Miguel A. Díaz Martínez

INSMET

- 709.** Virgen Cutié Cancino
710. Dagne Boudet Rouco

IES

- 711.** Ramona Oviedo Prieto
712. Yurisleydis Rodríguez
713. Cecilia Fonseca Rivera
714. Reynaldo Báez Altamirano

ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y EL POTENCIAL DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE CO₂ ASOCIADO, PARA SECTORES CLAVES DE LA ECONOMÍA REGIONAL Y CUBANA

CIM UH

- 715. José Somoza Cabrera
- 716. Juan F. Llanes Regueiro
- 717. Yusimit Betancourt Alayón

INSMET

- 718. Ernesto Carrillo

IGT

- 719. Raúl Rangel Cura

CIMAC

- 720. Odalys Brito
- 721. Erick Sedeño Bueno

Proyecto: IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN EL SECTOR CAFETALERO DE SANTIAGO DE CUBA

UCTB III FRENTE

- 722. Ramón Ramos Navas
- 723. Humberto Vázquez
- 724. Adolfo Ramos Marzán
- 725. Isidro Fernández Rosales
- 726. Alexeis Yero Guevara
- 727. Aracelis Álvarez Bello
- 728. Ariannis Yero Guevara
- 729. Norge González Anasco
- 730. Caridad Cantanares Landave
- 731. Josue Pérez

INAF

- 732. Arnaldo Álvarez Brito
- 733. Alicia Mercadet
- 734. Pedro P. Henry
- 735. Julio Castellano

UCTN JIBACOA

- 736. Islien Meneses Zamora
- 737. José A. Laserra Espino
- 738. Elsa Vicet González

Esta es una relatoría científica que sintetiza los principales aportes al conocimiento del cambio climático en Cuba obtenidos en el Programa Nacional de Ciencia “Cambio Climático en Cuba: Impactos, Adaptación y Mitigación”, en el período 2013-2018. Constituye una contribución al entendimiento del impacto del cambio climático en Cuba, y base para la adopción de medidas de adaptación y mitigación científicamente argumentadas.

Los resultados aquí mostrados son fruto del trabajo de más de 1000 profesionales y técnicos de instituciones científicas y docentes de prácticamente todo el país, que con alto espíritu de consagración hicieron posible esta obra, en beneficio de la Nación, la ciencia y las futuras generaciones de cubanos.

Muchas gracias a todos los hacedores de esta obra.



Calle 20 entre 18 A y 47, Miramar, Playa,
CP: 11300, La Habana, Cuba
E-mail: ama@ama.cu
Teléfonos: (537) 202 8242 / (537) 202 1071

© Copyright AMA ®

Todos los derechos reservados.



3ra
COMUNICACIÓN NACIONAL
SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO
CUBA



ISBN: 978-959-300-138-0



9 789593 001380