

República de Cuba



Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

República de Cuba



Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático



La Habana, 2020

Cuba
Tercera Comunicación Nacional
a la Convención Marco de las Naciones Unidas
sobre Cambio Climático
2020

Informe realizado con financiamiento del Gobierno de Cuba y del Fondo para el Medio Ambiente Mundial. Implementado en Cuba por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, a través del Proyecto “Tercera Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático”, bajo la coordinación general del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y la coordinación técnica del Instituto de Meteorología, con la participación de Cubaenergía.

© Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

ISBN: 978-959-300-170-0

Editores: Eduardo O. Planos Gutiérrez y Tomás L. Gutiérrez Pérez
Edición y diseño gráfico: Citmatel



Nota de los editores

El cierre informativo base de esta comunicación nacional corresponde al año 2018, aunque en algunos casos se presenta información más reciente, en dependencia del interés del tema. La fuente de información fundamental es la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) y, en determinados casos, se han utilizado datos más actualizados reportados por las instituciones rectoras de actividades específicas. Las figuras y tablas que no incluyan las fuentes han sido compiladas de varios documentos o elaborada por los autores.

TABLA DE CONTENIDO

PRÓLOGO ◆ 11

RESUMEN EJECUTIVO ◆ 15

EXECUTIVE SUMMARY ◆ 43

INTRODUCCIÓN GENERAL ◆ 67

CAPÍTULO 1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES ◆ 73

1.1 Introducción ◆ 73

1.2 Caracterización físico-geográfica ◆ 74

 1.2.1 Geología ◆ 75

 1.2.2 Relieve ◆ 76

 1.2.3 Clima ◆ 76

 1.2.4 Suelo ◆ 79

 1.2.5 Hidrología ◆ 79

 1.2.6 Diversidad biológica ◆ 80

1.3 Población, salud y educación ◆ 82

 1.3.1 Población ◆ 82

 1.3.2 Las migraciones en Cuba ◆ 84

 1.3.3 Asentamientos humanos y distribución de la población ◆ 85

 1.3.4 Salud ◆ 87

 1.3.5 Educación ◆ 88

1.4 Ordenamiento territorial y urbanístico ◆ 89

1.5 Desarrollo local ◆ 90

1.6 Principales peligros de origen natural, tecnológico y sanitario ◆ 91

 1.6.1 De origen natural ◆ 92

 1.6.2 De origen tecnológico ◆ 98

 1.6.3 De origen sanitario ◆ 99

1.7 Principales problemas ambientales ◆ 99

1.8 Economía cubana ◆ 100

 1.8.1 Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista ◆ 104

1.8.2 Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030	♦ 105
1.9 Sectores productivos	♦ 106
1.9.1 Energía	♦ 106
1.9.2 La tierra, agricultura y silvicultura	♦ 109
1.9.3 Sector Forestal	♦ 111
1.9.4 Pesca	♦ 111
1.9.5 Sector Hidráulico	♦ 113
1.9.6 Turismo	♦ 114
1.9.7 Industria	♦ 115
1.9.8 Construcción	♦ 116
1.9.9 Transporte	♦ 117
1.10 Estructura política y marco jurídico	♦ 120
1.11 Política para el enfrentamiento al cambio climático	♦ 121
1.11.1 Cambio climático y Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021	♦ 122
1.11.2 La Estrategia Ambiental Nacional 2016-2020	♦ 123
1.11.3 Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático	♦ 124
1.11.4 La Contribución Nacionalmente Determinada	♦ 127
1.12 Arreglos institucionales	♦ 128
1.13 Resumen de las Circunstancias Nacionales	♦ 130

CAPÍTULO 2. INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO ♦ 133

2.1 Introducción	♦ 133
2.1.1 Arreglos institucionales para la elaboración del inventario	♦ 134
2.1.2 Metodología y fuentes de información	♦ 136
2.1.3 Factores de emisión	♦ 138
2.1.4 Evaluación de la incertidumbre	♦ 140
2.1.5 Análisis de categorías claves	♦ 141
2.1.6 Procedimientos de control y aseguramiento de la calidad	♦ 142
2.2 Tendencia de emisiones agregadas por sectores. Serie 1990-2016	♦ 142
2.2.1 Emisiones agregadas por tipo de GEI	♦ 144
2.2.2 Emisiones y absorciones totales de GEI, año 2016	♦ 150
2.3 Tendencia de las emisiones por sectores	♦ 150
2.3.1 Energía	♦ 150
2.3.2 Procesos Industriales y Uso de Productos	♦ 156
2.3.3 Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra	♦ 160

2.3.4 Desechos ◆ 165
2.4 Resultados de la evaluación de la incertidumbre ◆ 169
2.5 Análisis de categorías claves ◆ 170
2.6 Actualización del INGEI ◆ 173
2.6.1 Principales cambios ◆ 174
2.6.2 Recálculos ◆ 175
CAPITULO 3. PROGRAMAS QUE COMPRENDEN MEDIDAS PARA FACILITAR LA ADECUADA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO ◆ 177
3.1 Programas y proyectos sobre adaptación al cambio climático ◆ 177
3.2 Avances en la implementación de las opciones de adaptación ◆ 182
3.2.1 Recursos hídricos ◆ 182
3.2.2 Zonas costeras y recursos marinos ◆ 184
3.2.3 Agricultura ◆ 185
3.2.4 Bosques ◆ 187
3.2.5 Asentamientos humanos y uso de la tierra ◆ 188
3.2.6 Diversidad biológica ◆ 189
3.2.7 Salud humana ◆ 191
3.3 Variaciones y cambios observados en el clima de Cuba ◆ 192
3.3.1 Temperatura superficial del aire ◆ 193
3.3.2 Precipitación y sequía ◆ 194
3.3.3 Extremos climáticos ◆ 195
3.3.4 Nubosidad ◆ 199
3.3.5 Huracanes ◆ 201
3.3.6 Circulación atmosférica y oceánica ◆ 203
3.4 Proyecciones del clima y del nivel del mar ◆ 204
3.4.1 Clima futuro ◆ 204
3.4.2 Nivel del mar ◆ 207
3.5 Impactos del cambio climático y medidas de adaptación ◆ 210
3.5.1 Zonas costeras y recursos marinos ◆ 211
3.5.2 Agricultura ◆ 217
3.5.3 Bosques ◆ 237
3.5.4 Asentamientos humanos ◆ 244
3.5.5 Diversidad biológica ◆ 251
3.5.6 Salud humana ◆ 263
3.5.7 Turismo ◆ 274
3.6 Riesgos de los impactos futuros ◆ 278

CAPÍTULO 4. PROGRAMA SOBRE MEDIDAS DE MITIGACIÓN • 283

- 4.1 Introducción • 283
- 4.2 Prioridades para la mitigación del cambio climático • 284
- 4.3 Marco de transparencia reforzado bajo el Acuerdo de París • 287
- 4.4 Medidas asociadas a la mitigación • 290
 - 4.4.1 Avances en las opciones de mitigación • 291
 - 4.4.2 Otras opciones asociadas a la mitigación • 297
- 4.5 Utilización de instrumentos de la convención • 298
 - 4.5.1 Mecanismo para el Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto • 298
 - 4.5.2 Acciones nacionales apropiadas de mitigación • 299
 - 4.5.3 Proyectos internacionales que tributan a la mitigación • 299
- 4.6 Escenarios de mitigación al 2030 • 301

CAPÍTULO 5. OTRA INFORMACIÓN PERTINENTE PARA EL LOGRO DEL OBJETIVO DE LA CONVENCIÓN • 303

- 5.1 Introducción • 303
- 5.2 Políticas de ciencia, tecnología e innovación • 303
 - 5.2.1 Políticas de ciencia, tecnología e innovación • 304
 - 5.2.2 Investigación para el cambio climático • 305
 - 5.2.3 Contribución al IPCC y a la CMNUCC • 310
 - 5.2.4 Transferencia de tecnología y conocimientos • 310
- 5.3 Observación sistemática, datos y alertas tempranas • 315
 - 5.3.1 Observación sistemática • 315
 - 5.3.2 Centros y bases de datos • 319
 - 5.3.3 Contribución a los sistemas internacionales de observación • 320
 - 5.3.4 Alertas tempranas • 321
- 5.4 Educación • 325
 - 5.4.1 Sistema Nacional de Educación • 326
 - 5.4.2 El cambio climático en la formación de profesionales • 329
 - 5.4.3 Sistema Nacional de Salud • 333
- 5.5 Fomento de capacidades • 333
- 5.6 Cooperación Sur-Sur • 335
- 5.7 Sensibilización pública • 337
- 5.8 Acceso a la información sobre el cambio climático • 338
- 5.9 Trabajo en redes • 341

CAPÍTULO 6. OBSTÁCULOS, CARENCIAS Y NECESIDADES CONEXAS DE FINANCIACIÓN, TECNOLOGÍA Y CAPACIDAD ◆ 345

- 6.1 Impacto del bloqueo económico, comercial y financiero ◆ 345
- 6.2 Consideraciones asociadas a las dificultades, limitaciones y carencias relacionadas con necesidades financieras y tecnológicas ◆ 346
- 6.3 Otros vacíos, barreras y necesidades identificadas ◆ 347
 - 6.3.1 De carácter general ◆ 347
 - 6.3.2 Respeto a la adaptación ◆ 348
 - 6.3.3 Respeto a la mitigación ◆ 349
 - 6.3.4 Otros vacíos y barreras ◆ 350
- 6.4 Actividades para superar los obstáculos y vacíos ◆ 351

REFERENCIAS ◆ 353

ANEXOS ◆ 363

- Anexo A. Tablas y cuadros del INGEI ◆ 365
- Anexo B. Experiencia cubana en la creación de capacidades para la reducción del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático ◆ 381
 - Anexo 1. Relación de figuras ◆ 385
 - Anexo 2. Relación de tablas y cuadros ◆ 388
 - Anexo 3. Autores ◆ 391
 - Anexo 4. Organismos que colaboraron con este informe ◆ 396
 - Anexo 5. Siglas, acrónimos y unidades de medida ◆ 398

**Tercera Comunicación Nacional a la Convención
Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático**

PRÓLOGO



El cambio climático es una realidad irrebatible que constituye hoy, y hacia el futuro, una de las principales amenazas que afecta la supervivencia de la vida en el planeta Tierra. El Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz, en su intervención, durante la Cumbre de Río del año 1992, afirmó “*Una importante especie biológica está en riesgo de desaparecer por la rápida y progresiva liquidación de sus condiciones naturales de vida: el hombre*”. Posteriormente, en una reflexión contenida en un discurso pronunciado en el año 2001, reafirmaba con renovada convicción que “*otro orden mundial diferente, más justo y solidario, capaz de sostener el medio natural y salvaguardar la vida en el planeta, es la única alternativa posible. Por ello, más que nunca el instinto de conservación de la especie tendrá que hacerse sentir con toda su fuerza*”.

En el actual contexto internacional, a pesar de los ingentes esfuerzos realizados en las negociaciones dirigidas a la implementación de los compromisos asumidos en el Protocolo de Kioto y posteriormente del Acuerdo de París, no se ha mostrado una voluntad política real de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los países desarrollados. Grandes responsables se niegan a asumir sus deudas históricas, desconociendo las fuertes evidencias científicas que demuestran que el calentamiento a nivel planetario y sus impactos son inequívocos.

En correspondencia con el ideario de la Revolución cubana, que se apoya en la ciencia como uno de sus pilares básicos, en el mismo año 1992, se realizaron en nuestro país las primeras evaluaciones del impacto del cambio climático y se recomendaron medidas de adaptación. Desde entonces, han sido incontables los resultados de la ciencia cubana en las investigaciones relacionadas con el impacto del clima y el cambio climático en el país y en la Región del Caribe. Como parte de esta visión estratégica, existe un Sistema Nacional de Programas y Proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación, a través del cual el Estado financia la investigación dirigida a las prioridades nacionales establecidas, entre las cuales figura la ciencia del cambio climático, la adaptación y la mitigación.

Los resultados de la ciencia, la técnica y la innovación en este campo no se limitan a las publicaciones científicas, sino que de manera ordenada se implementan en las políticas nacionales. En ello juega un papel fundamental el “Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático”, denominado “Tarea Vida”, que es un programa innovador de acción integral, que incluye a todos los sectores económicos y a la sociedad cubana. Este Plan está dirigido a la solución, a corto, mediano y largo plazos, de problemas ambientales, sociales y económicos específicos, relacionados con vulnerabilidades, la mitigación y la adaptación al cambio climático.

Cuba ha presentado dos comunicaciones nacionales a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, en 2001 y 2015. Ahora, en el 2020 presenta su Tercera Comunicación Nacional, fortalecida por un marco legal, políticas públicas y programas específicos actualizados, que incluyen el enfrentamiento del cambio climático, como una de las prioridades de la atención del país, en beneficio del desarrollo sostenible y como contribución al esfuerzo internacional contra este flagelo.

Las comunicaciones nacionales en Cuba son mucho más que un informe de gobierno, pues encierran un proceso de intenso quehacer científico técnico. Además del reporte oficial, en torno a ellas se produce una cantidad valiosa de documentos científicos, educativos y de comunicación. Es igualmente un proceso de capacitación a todos los niveles y durante su elaboración se reforza otro de los pilares nacionales: la colaboración Sur-Sur. En este sentido, decenas de expertos cubanos han contribuido con diversos países en la construcción de capacidades y en la elaboración de sus propias comunicaciones nacionales.

Esta Tercera Comunicación Nacional se concluye en circunstancias complejas, cuando se recrudece el bloqueo económico, comercial y financiero que ha impuesto el gobierno de los Estados Unidos de América contra Cuba durante casi 6 décadas y se experimenta el azote sin precedentes de la pandemia de la COVID-19.

Es también bajo estas circunstancias, que hemos concluido la actualización de nuestra Contribución Nacionalmente Determinada, cuya mayor ambición ha sido públicamente reconocida por la Secretaría Ejecutiva de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Todos estos resultados, son una muestra del compromiso del gobierno cubano, y de su capacidad para responder efectivamente en estos escenarios. Esta relevancia nacional del enfrentamiento al cambio climático, y el compromiso global con los países en desarrollo más vulnerables, continuarán siendo pautas de actuación para Cuba, en los años venideros.

Elba Rosa Pérez Montoya
Ministra de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

**Tercera Comunicación Nacional a la Convención
Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático**

RESUMEN EJECUTIVO

Introducción

La República de Cuba es Parte de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) desde el 5 de enero de 1994, y es Parte del Protocolo de Kioto desde el 30 de abril de 2002. Cuba ratificó el Acuerdo de París el 28 de diciembre de 2016. En esta última fecha también presentó su instrumento de aceptación de la Enmienda de Doha. El país presentó su propuesta de Contribución Nacionalmente Determinada (CND) el 23 de noviembre de 2015; incluyendo en ella contribuciones en adaptación, reconocida como prioridad, y contribuciones en mitigación. Cuba ha decidido actualizar su CND en el 2020, en correspondencia con los párrafos 22 y 24 de la Decisión 1CP21.

En concordancia con lo anterior, la Tercera Comunicación Nacional de la República de Cuba presenta los avances en materia de adaptación y mitigación, en cumplimiento de los compromisos adquiridos como país signatario de la CMNUCC. La confección del documento se desarrolló bajo el amparo del proyecto GEF/PNUD “Tercera Comunicación Nacional y Primer Reporte de Actualización a la CMNUCC, implementado por la Oficina del PNUD en Cuba y con el apoyo del Gobierno cubano. Por la parte nacional, el Ministerio de Comercio Exterior e Inversión Extranjera (Mincex), actuó como representante del Gobierno; el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (Citma), punto focal ante la Convención, coordinó técnicamente el proyecto, a través del Instituto de Meteorología (Insmet) de la Agencia de Medio Ambiente (AMA).

Esta Comunicación Nacional se elaboró bajo las Directrices de la Convención, adoptadas por la Conferencia de las Partes en su octava sesión, mediante la decisión 17/CP.8 (CMNUCC, 2002). La aplicación del correspondiente Manual de Usuario (CMNUCC, 2004) fue esencial para garantizar el uso efectivo y eficiente de las Directrices, al momento de confeccionar el informe.

Debido a los impactos del cambio climático en el país, la atención a la adaptación continúa siendo fundamental en este documento, pero con avan-

ces notables en materia de inventario de gases de efecto de invernadero (GEI) y mitigación; estas últimas fortalecidas con la presentación, junto con la Comunicación, del Primer Reporte de Actualización Bienal. Asimismo, se muestran los logros alcanzados en materia de transferencia de tecnología, la comunicación y educación ambiental, la observación sistemática y la investigación científica, el fomento de capacidades y la cooperación Sur-Sur, la información al público y el trabajo en redes. En el inventario de GEI se presentan las emisiones y remociones para la serie anual 1990-2016. En la preparación del informe se utilizaron fundamentalmente las Directrices del IPCC de 2006, así como las Guías del IPCC de Buenas Prácticas y Gestión de Incertidumbres (IPCC, 2000). En cuanto a la mitigación, se hace énfasis en los aportes provenientes del uso de las fuentes renovables de energía, y en las proyecciones futuras en el sector energético.

Con esta nueva Comunicación Nacional, se ratifica la alta prioridad, la sensibilidad y el compromiso del Estado cubano ante el cambio climático, donde la voluntad política para enfrentarlo es manifiesta y está salvaguardada bajo cualquier circunstancia.

Circunstancias nacionales

El archipiélago cubano está formado por la isla de Cuba, la Isla de la Juventud y numerosos islotes y cayos, con una superficie total¹ de 109 884 km². Sus costas son muy irregulares y se extienden por 6073 km, donde se localizan más de 280 playas² (ONEI, 2019a). Desde el punto de vista político-administrativo, la República de Cuba se divide en 15 provincias y 168 municipios, incluyendo al Municipio Especial Isla de la Juventud. (ONEI, 2019a).

El clima se define como tropical, estacionalmente húmedo, con influencia marítima y rasgos de semi-continentalidad (Iñiguez y Mateo, 1980). La temperatura media anual del aire varía desde 26 °C en las llanuras hasta 24 °C en las zonas montañosas. Los registros de la temperatura máxima media fluctúan entre 27 °C y 32 °C, y la temperatura mínima media entre los 17 °C y 23 °C (Insmet, 2018). La precipitación promedio anual es de 1335 mm (INRH, 2016). Los extremos climáticos y meteorológicos, en particular los procesos

¹ La cifra total de 109 884 km² incluye los 117.6 km² del territorio nacional, ocupado por los Estados Unidos de América en la Base Naval de Guantánamo desde 1903, en contra de la voluntad del pueblo cubano.

² El número de playas puede variar en reportes futuros, debido al actual debate sobre la necesidad de conciliar una definición de playas arenosas para diferenciarlas de otras áreas de baño.

de sequía, las grandes precipitaciones y los ciclones tropicales, desempeñan un papel definitorio de las características climáticas del país y en la influencia del clima en el desarrollo de los ecosistemas naturales y humanos establecidos en el territorio nacional.

En los últimos años se han observado cambios importantes en el clima de Cuba, que vienen influyendo en las características climáticas antes descritas. Las mayores evidencias comprobadas son el incremento de la temperatura media anual, condicionado por el aumento de la temperatura mínima; la disminución de la nubosidad; sequías más intensas y prolongadas, si bien menos frecuentes; incremento de las precipitaciones mayores de 50 mm; y una mayor influencia anticiclónica.

El complejo geólogo-geomorfológico y edafológico resalta por su variabilidad. Desde el punto de vista geológico, predominan las rocas sedimentarias, en las que se desarrollan importantes procesos cársicos; y en las zonas montañosas se distinguen rocas metamórficas e ígneas. El relieve se destaca por la existencia de extensas llanuras y sistemas de alturas; y montañas que se concentran en zonas específicas de la geografía nacional y que desempeñan un papel fundamental en las características climáticas del país. Los suelos constituyen un complejo mosaico de tipos diversos que se extienden por todo el país.

El régimen hidrológico depende del comportamiento de la precipitación, combinado con las características geólogo-geomorfológicas de las cuencas fluviales, de los ríos y los acuíferos. De las cuencas cubanas, 82 % ocupan áreas inferiores a 200 km² y la extensión de los cursos fluviales principales es menor de 100 km. El potencial de recursos hídricos evaluados en la Segunda Comunicación Nacional fue superior a 32 mil millones de m³. (SCN, 2015).

La diversidad biológica en el país es muy rica. En Cuba se han descrito 34 formaciones vegetales naturales que, de manera general, pueden agruparse en bosques, matorrales, vegetación herbácea, complejos de vegetación y vegetación secundaria (Capote y Berazaín, 1984). En el país habita el mayor número de especies vegetales de las Antillas. Se reporta un total de 9095 especies endémicas de la flora y fauna. (ONEI, 2019b).

La cobertura de bosques, en 2018, alcanzó al 31.5 % del territorio nacional (ONEI, 2019b). Los niveles de cobertura boscosa alcanzados contribuyeron al incremento de las remociones de CO₂ del país en el período 1990-2016.

La población llegó a 11 209 628 habitantes en el año 2018, de ellos el 50.3 % mujeres. La densidad promedio de población es de 102 hab/km² (ONEI, 2019c). La estructura por edades evidencia el gradual envejecimiento de la población, de manera que las personas mayores de 60 años representaron el

20.4 % de la población en 2018; de ellos el 53 % son mujeres. Cuba se ubica entre los países más envejecidos de América Latina y el Caribe, proceso que continuará agudizándose con el discurrir del tiempo.

La población cubana habita 7014 asentamientos, de los cuales 597 son urbanos y 6417 rurales. La población por asentamientos ha crecido, como resultado del desarrollo alcanzado con la implementación de una política de desarrollo general del país. Un sistema nacional de salud bien organizado y de elevada calidad profesional beneficia a toda la población y asegura la atención médica en todos los asentamientos. En el año 2019, Cuba tenía 116 habitantes por cada médico y 566 por cada estomatólogo (Minsap, 2020). Los indicadores demuestran la eficiencia y calidad logradas en el servicio de salud: la tasa de mortalidad disminuyó, registrándose 9.4 defunciones por cada 1000 habitantes; la tasa de mortalidad infantil continúa por 11 años consecutivos inferior a cinco por cada mil nacidos vivos. (Minsap, 2019).

El Estado cubano garantiza el libre acceso a la educación para todos los ciudadanos, a través del Sistema Nacional de Educación (SNE). Este Sistema está concebido como un conjunto articulado de niveles educativos y tipos de enseñanzas, presente en todo el país. Establece la obligatoriedad de cursar la educación general hasta el 9^{mo} grado y trabaja en su perfeccionamiento permanente, con el objetivo de mantener la actualización de planes, programas, orientaciones metodológicas y libros de texto, en correspondencia con los adelantos científico-técnicos contemporáneos; incluyendo la reciente incorporación de todas las aristas del cambio climático.

Se propicia el desarrollo local como un proceso esencialmente endógeno, participativo, innovador y de articulación de intereses entre actores, territorios y escalas (municipal, provincial y sectorial/nacional). Se sustenta en el liderazgo de los gobiernos municipales y provinciales para la gestión de sus estrategias de desarrollo dirigidas, desde la gestión del conocimiento y la innovación, al fomento de proyectos que generen transformaciones económico-productivas, socioculturales, ambientales e institucionales, con el objetivo de elevar la calidad de vida de la población. A su vez, la visión del desarrollo territorial al 2030 se caracteriza por la objetividad de estrategias de desarrollo municipal y planes de ordenamiento territorial y urbano que constituyen la base del proceso de planificación e inversión, que contribuyen a reducir las desproporciones territoriales.

Desde la Segunda Comunicación Nacional a la fecha, la atención priorizada que el Estado y Gobierno brindan a la gestión del riesgo de desastres, se ha incrementado, basada en la profundización alcanzada en su mejoramiento

e institucionalización. El Sistema de Defensa Civil se ha fortalecido, con el perfeccionamiento y mayor integración de los sistemas de vigilancia y alerta temprana (ejemplos: hidrometeorológico; sismos y maremotos); sistematizando y ampliando los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (PVR). Sus resultados y recomendaciones permiten elaborar (actualizar) los estudios de factibilidad técnico-económica de las inversiones y los planes de reducción del riesgo de desastres a nivel local e institucional; analizando las experiencias de eventos ocurridos y actualizando los procedimientos de actuación; y empleando aplicaciones informáticas desarrolladas.

Particular importancia tiene el establecimiento de centros de gestión para la reducción del riesgo de desastres y puntos de alerta temprana³ que aportan información a las autoridades locales para la toma de decisión y comunicación de alertas tempranas para una respuesta más eficaz y asegurar la protección de las comunidades en riesgo priorizando la población más vulnerable (niños, mujeres embarazadas, ancianos y personas con discapacidad). Esta experiencia ha sido replicada en varios países de nuestra región. Esos centros y puntos están a disposición de los gobiernos locales y junto con otras instituciones, integran a nivel local todas las actividades relacionadas con este tema, incluida la mitigación y adaptación al cambio climático y la evaluación del impacto de los desastres; en consonancia con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático y el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.

La Estrategia Ambiental Nacional (EAN) ha sido actualizada para el período 2016-2020. En esta se identifican siete grandes problemas que requieren atención. Aspectos relevantes en la actual Estrategia con respecto a las anteriores, es la manera como sus objetivos se relacionan con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y como ha perfeccionado la atención a las consecuencias del cambio climático. Los principales problemas ambientales identificados en la EAN son: degradación de los suelos, afectaciones a la cobertura forestal, contaminación, pérdida de la diversidad biológica; deterioro de los ecosistemas, carencia y dificultades con el manejo y disponibilidad del agua, deterioro de la condición higiénico-sanitaria de los asentamientos humanos, y los impactos del cambio climático. En el caso particular del cambio

³ Centros creados en los municipios y provincias del país con el objetivo de la gestión eficaz de riesgo de desastres a nivel local. Tienen como misión controlar la reducción de vulnerabilidades, la recopilación ordenada de los resultados de los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (PVR) del territorio y las entidades, elevar la percepción del riesgo en la población, documentar las situaciones de desastres y facilitar la toma de decisiones.

climático, la EAN reconoce que el futuro climático de Cuba se describe como más cálido, seco y extremo; y describe específicamente las consecuencias del cambio climático.

La economía cubana se desarrolla en un entorno económico internacional hostil; como consecuencia del recrudecimiento, bajo la Administración del presidente Donald Trump, del bloqueo económico, comercial y financiero del Gobierno de los Estados Unidos de América. No obstante, la economía cubana logra avances y muestra resultados favorables en varios sectores productivos y de servicios; fruto de un nuevo modelo económico que se concentra en líneas estratégicas para el desarrollo del país, la descentralización del Estado y del Gobierno, en beneficio de la gestión de los gobiernos locales; el incremento de la inversión extranjera y la estimulación de la vinculación del sector privado con los objetivos de desarrollo trazados.

Al cierre del año 2017, el PIB de Cuba creció en 1.8 %. Los gastos totales del Presupuesto del Estado en 2017 constituyeron el 66 % del PIB y sus principales partidas fueron: educación (17.4 %), salud (14.9 %) y seguridad social (11.1 %). Por su parte, los ingresos totales representaron el 57.4 %, para un saldo fiscal de -8.6 %. En la planificación económica anual se contabilizan recursos financieros para inversiones con destino a la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales, particularmente para la adaptación y mitigación del cambio climático.

La conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista es relevante para el enfrentamiento al cambio climático. Los servicios climáticos juegan un importante papel; por la importancia que se le concede a la protección de los recursos y el medioambiente, entre otras dimensiones del desarrollo, y que en una sociedad socialista próspera podrá alcanzarse, en particular, mediante la aplicación de la ciencia, la tecnología y la innovación. También porque en la planificación del desarrollo económico y social se sitúa en un primer plano la formación de los recursos humanos y el papel de la ciencia, la tecnología y la innovación en todas las instancias.

En concordancia con lo anterior, el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030, asume retos que están asociados a los constantes cambios en términos científicos, tecnológicos y climáticos. Entre sus ejes se insertan el potencial humano, la ciencia, la tecnología y la innovación; los recursos naturales y el medioambiente. Particularmente, el Eje Estratégico Recursos Naturales y Medio Ambiente, promoverá el establecimiento del conjunto de programas y acciones para la gestión eficaz del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático; la eficiencia energética y el desarrollo de

fuentes renovables de energía; el impulso de mecanismos de información y participación ciudadana; y la educación ambiental.

Otro hecho relevante para la preparación de la Tercera Comunicación Nacional fue la aprobación de la nueva Constitución de la República de Cuba, proclamada el 10 de abril de 2019. En la nueva Constitución se promueve la protección y conservación del medio ambiente y el enfrentamiento al cambio climático, sobre la base del reconocimiento de responsabilidades comunes, pero diferenciadas; el establecimiento de un orden económico internacional justo y equitativo y la erradicación de los patrones irracionales de producción y consumo. El ejercicio de los derechos y libertades previstos en la Constitución implica responsabilidades, reconoce que todas las personas tienen derecho a disfrutar de un medio ambiente sano y equilibrado y norma como deber, para el Estado y los ciudadanos cubanos, proteger los recursos naturales, la flora y la fauna; velar por la conservación de un medio ambiente sano; así como reconoce la vinculación de la economía y la sociedad con el desarrollo sostenible para hacer más racional la vida humana, y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras.

En esta Tercera Comunicación Nacional se ha incluido información sobre los documentos más relevantes aprobados en los últimos años, relacionados con el desarrollo político, económico y social del país, visto en el contexto del cambio climático. Entre ellos: los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021; el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030; la Estrategia Ambiental Nacional 2016-2020 y el Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida).

El Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático, denominado Tarea Vida (TaVi), constituye un plan de acción integral, conformado por cinco acciones estratégicas y once tareas. Las tareas están dirigidas a la solución a corto, mediano y largo plazos de problemas ambientales, sociales y económicos específicos, como es el caso de la conservación y recuperación de las playas o la reforestación, que están relacionados con vulnerabilidades, la mitigación y la adaptación al cambio climático.

Para la preparación de esta Comunicación Nacional se consolidó y profundizó la buena práctica de concebir el trabajo en un ciclo continuo, ininterrumpido. Este rasgo particulariza al proceso en Cuba y constituye una fortaleza y una oportunidad en el enfrentamiento al cambio climático, sobre la base de las peculiaridades socioeconómicas y medioambientales nacionales y las prioridades del desarrollo trazadas por el Estado cubano. Constituye una pieza clave

en la sostenibilidad de las acciones para dar una respuesta nacional coherente al afrontar este desafío a escala global. Debido a esto, en esta Comunicación Nacional se logró evaluar los avances en materia de adaptación y mitigación en la mayoría de los sectores que fueron contemplados en la SCN y se incorporan otros sectores como el turismo y la construcción.

Inventario nacional de gases de efecto de invernadero

El inventario presenta las emisiones y remociones de GEI para la serie anual 1990-2016 y una evaluación integrada para este período. Se actualizan y mejoran los reportes anuales previos hasta el 2014. Para ello se utilizaron, fundamentalmente, las Directrices del IPCC del 2006 y las Guías de Buenas Prácticas y Gestión de Incertidumbres. (IPCC, 2000).

Se presentan los cuatro sectores principales de fuentes/sumidero: Energía; Procesos industriales; Agricultura, Cambio del uso de la tierra y silvicultura (AFOLU, en inglés), y desechos.

Para las estimaciones se seleccionaron los tres principales gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). Las emisiones y absorciones de GEI por fuentes, se reportan en forma agregada, expresados en dióxido de carbono equivalente ($\text{CO}_2 \text{ eq}$). Fueron usados los potenciales de calentamiento global (PCG o GWP, en inglés), proporcionados por el IPCC en su Segundo Informe de Evaluación de 1995, que se basan en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de cien años.

Los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones fueron los disponibles en el país por fuentes y se obtuvieron a través de la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). En relación con los parámetros de emisión, se tomaron básicamente los proporcionados por las Directrices del IPCC de 2006. Además, en algunas categorías fueron empleados parámetros de emisión calculados para las condiciones y circunstancias del país. Todos los estimados son reportados en kilo tonelada (kt) del contaminante.

Los principales resultados obtenidos muestran que en 2016: las emisiones brutas totales contabilizaron 50 213.7 kt $\text{CO}_2 \text{ eq}$, y fueron un 6.2 % menor que en el año base (1990); por su parte, las emisiones netas representaron 23 066.5 kt $\text{CO}_2 \text{ eq}$, un 38.2 % menos que las correspondientes al año 1990. Por gases, el balance de emisiones y absorciones de CO_2 contabilizó 4722.3 kt, disminuyendo en 70.3 % desde 1990. La causa fundamental de esta disminución fue el aumento de las absorciones de CO_2 , que en 2016 representaron 68.6 % superior a lo registrado en 1990 y 1.9 % por encima de las alcanzadas en 2014.

Las emisiones de CH₄ alcanzaron 12 295.2 kt CO₂ eq, disminuyendo en un 5.6 % comparado con 1990 y las de N₂O fueron 6 048.9 kt CO₂ eq, disminuyendo en 28.2 % desde 1990. Uno de los elementos significativos en el año 2016, fue el crecimiento de la biomasa en los bosques y su efecto de sumidero, superando las emisiones debidas a las extracciones de madera y otras causas. Los sectores Energía y AFOLU son los de mayor importancia en el Inventario de 2016, representando entre ambos 91.8 % de las emisiones brutas totales, mientras que los sectores Desechos, Procesos industriales y Uso de productos (IPPU, en inglés), representan solo 8.2 %.

De igual manera, en tan solo 20 subcategorías se concentran más del 95 % de las emisiones en el último año de la serie, de ellas, 17, pertenecen a los sectores Energía y AFOLU, dos al sector Desechos y una al sector Procesos industriales y Uso de productos.

Como elementos importantes en el contexto de esta Tercera Comunicación Nacional (3CN) se tienen:

- Categorías y subcategorías de fuentes estimadas de manera desagregada (En la subcategoría Industrias de la Energía se desagregaron las emisiones de generación eléctrica y refinación de petróleo).
- Datos corregidos para el consumo de petróleo crudo, fuel oil, diésel y gas natural en la producción de energía.
- Se desagregaron las emisiones para 4 de las 13 componentes de la subcategoría Industrias manufactureras y de la construcción.
- Mejor desagregación en el consumo de combustibles para el transporte gracias al acceso al Balance Energético Nacional.
- Estimación de las emisiones en la subcategoría Transporte todo terreno en Agricultura Móvil.
- Desagregación más detallada de los consumos de combustibles en la categoría Emisiones fugitivas.
- Se completa la serie de datos de actividad de la producción de clínker para todos los años de la serie. Se obtiene el dato paramétrico anual de proporción de óxido de calcio en el clínker lo que posibilita obtener un factor de emisión anual propio de país.
- Se certifica que la cal viva es el único tipo de cal producida en el país, lo que posibilita la aplicación de un método de Nivel 2, usando el mismo factor de emisión. Ligero aumento de las emisiones al introducir la corrección por el polvo de horno de cal (LKD).

- Se completa la serie de datos de actividad de la producción de ácido nítrico para todos los años de la serie. Se aplica un Método Nivel 2, al conocerse el tipo de planta.
- Se estiman las emisiones en función de los tipos de tecnologías de producción del acero en el país, por tanto, cambia el factor de emisión del promedio global al horno de arco eléctrico (EAF) y los hornos de solera (OHF), según corresponda para cada acería.
- Se obtuvieron nuevos parámetros de emisión en tres categorías seleccionadas del Inventario, tales como:
 - Parámetros de emisión del CH₄ derivados de la fermentación entérica y la gestión del estiércol en el ganado vacuno, sector de Agricultura.
 - Parámetros de emisión/remoción de carbono para los cambios en bosques y otras reservas de biomasa, sector de Cambio y Uso de la Tierra y Silvicultura.
- Aumento de la calidad en la estimación de emisiones a partir del uso de datos de actividad más refinados y una mayor transparencia en los parámetros y factores de emisión.
- En la categoría 3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra, se estimaron las emisiones con datos de actividad y paramétricos más refinados por defecto de las Directrices del IPCC 2006 y otros por criterio de expertos relacionados con la ganadería.
- Estimación más detallada de las emisiones anuales de CH₄ en el cultivo del arroz con factores de emisión según las Directrices del IPCC 2006 y valores paramétricos ajustados a las características del cultivo en el país aportados por criterio de expertos.
- Emisiones en la categoría Aguas residuales industriales desagregadas por tipo de industria.
- Inclusión de valores de generación de aguas residuales industriales por tipo de industria, según las Directrices del IPCC 2006.

Programas que comprenden medidas para facilitar la adecuada adaptación al cambio climático

El 25 de abril de 2017, el Consejo de Ministros de la República de Cuba aprobó el Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático, también conocido como Tarea Vida. El plan contempla 5 acciones estratégicas y 11 tareas, que incluyen una primera identificación de áreas priorizadas, con énfasis en

la protección de la vida humana, la seguridad alimentaria y el desarrollo del turismo.

Las tareas del Plan de Estado que se relacionan más directamente con la adaptación al cambio climático, están dirigidas a:

- reducir la vulnerabilidad en las 15 zonas priorizadas del país;
- recuperar las playas arenosas;
- proteger los suelos y las aguas y recuperar los manglares mediante la reforestación;
- rehabilitar y conservar los arrecifes de coral;
- implementar medidas de adaptación vinculadas con la alimentación, la energía, el ordenamiento territorial y urbano, la pesca, la agropecuaria, la salud, el turismo, la construcción, el transporte, la industria y el manejo integral de los bosques.

Los organismos de la Administración Central del Estado contribuyen con sus *programas de desarrollo* a la adaptación al cambio climático. Los más importantes son: Programa de uso racional y ahorro del agua; Programa de mejoramiento y conservación de los suelos; Programa de lucha contra vectores transmisores de enfermedades; Programa nacional sobre la diversidad biológica; Programa forestal nacional; y Estrategia nacional de gestión y manejo del fuego para los bosques de la República de Cuba.

La adaptación al cambio climático es también objeto de importantes *programas nacionales*, como son los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (PVR) para diferentes extremos climáticos, implementados hasta el nivel local; y el macroproyecto denominado “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana asociados al ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100”. Además, se cuenta con la ejecución de tres programas de investigación científica de interés nacional, que contribuyen notablemente al mejor entendimiento del cambio climático y sus consecuencias. Estos programas son: “Cambio climático en Cuba: impactos, mitigación y adaptación”, “Meteorología y desarrollo sostenible del país”, y “Uso sostenible de los componentes de la diversidad biológica de Cuba”.

En Cuba también se ejecuta un conjunto de *proyectos con financiamiento internacional*, que guardan relación con la adaptación al cambio climático; entre los más importantes están: Bases ambientales para la sostenibilidad alimentaria local (BASAL); Programa de Asociación de País para el Manejo Sostenible de Tierra (MST); Un enfoque paisajístico para conservar

ecosistemas montañosos amenazados (Conectando paisajes); Reducción de la vulnerabilidad a las inundaciones costeras mediante adaptación basada en ecosistema en el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque (Manglar Vivo); Sexto Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica; La iniciativa de finanzas para la biodiversidad (BIOFIN); e Incorporando consideraciones ambientales múltiples y sus implicaciones económicas en el manejo de paisajes, bosques y sectores productivos en Cuba (ECOVALOR). Aunque concluyó en diciembre de 2017, debe destacarse también el proyecto “Mejorando la prevención, control y manejo de las especies exóticas invasoras en ecosistemas vulnerables en Cuba”.

En el componente Vulnerabilidad y Adaptación de esta Tercera Comunicación Nacional, además de describir los avances logrados en la implementación de las opciones de adaptación desde la Segunda Comunicación, se abordaron las temáticas siguientes: variaciones y cambios observados en el clima de Cuba; proyecciones del clima y del nivel del mar; impactos y adaptación en zonas costeras y recursos marinos, agricultura, bosques, asentamientos humanos y usos de la tierra, diversidad biológica, salud humana y turismo; y riesgos de los impactos futuros. En adición, se desarrollaron varios estudios de caso, en áreas seleccionadas, que serán publicados aparte en una multimedia, actualmente en preparación.

Variaciones y cambios observados en el clima de Cuba. Las evidencias observacionales permiten mantener la hipótesis de que el clima en Cuba está transitando hacia un estado con características similares a un sistema climático con un efecto invernadero intensificado en la atmósfera terrestre. Ello se basa en los siguientes hallazgos científicos de los investigadores cubanos:

- Aumenta en 1.0 °C la temperatura media anual y en 2.0 °C la temperatura mínima media anual en el período 1951-2017. Cada una de las tres últimas décadas, ha sido más cálida que todas las anteriores.
- Comportamiento estable de la precipitación en las últimas décadas. Aunque los eventos de sequía se han reducido, en lo que va de siglo han ocurrido tres de los eventos más significativos de sequía (2003-2005, 2009-2010 y 2014-2015).
- En el período 1980-2017, los períodos cálidos son cada vez más frecuentes, y los fríos disminuyen. Por lo general, las noches y días cálidos se incrementan, mientras que las noches y días fríos decrecen.

- Decrece la cobertura nubosa media anual y estacional en Cuba en el período 1976-2017. El decrecimiento es más notable en el período poco lluvioso y en la región occidental.
- Tendencia creciente de huracanes sobre Cuba desde 1791, con fuerte actividad de huracanes intensos desde 2001.
- Predominio de corrientes zonales del este y movimientos verticales descendentes en el período 1951-2017, debido a la influencia anticiclónica.

Proyecciones del clima y del nivel del mar. Los resultados de proyecciones del clima fueron consistentes con las tendencias y las características climáticas descritas en la Segunda Comunicación Nacional, mostrando un clima más caliente, seco y extremo para finales de siglo XXI. En esta Tercera Comunicación se logra precisar un incremento de la temperatura anual del aire para Cuba superior a 1.0 °C para 2030 y a 3.5 °C para 2070, con respecto al período de referencia 1961-1990. En cuanto a las proyecciones de la precipitación, se prevé una reducción cercana al 10 % en el período lluvioso.

Las proyecciones del aumento del nivel del mar realizadas en la primera década del presente siglo mostraron un ascenso de 27 cm para 2050 y de 85 cm para 2100. Tales proyecciones se actualizaron para el período 2030-2100, con valores de 29.3 y 95.0 cm para los años 2050 y 2100, respectivamente. Además, el aumento del nivel del mar se calculó para 66 localidades de las costas cubanas. Resulta interesante notar que, tanto para la costa norte de Cuba, como para la sur, los valores del aumento del nivel del mar superiores a la media se concentran mayoritariamente en la mitad occidental de Cuba. También es significativo que en Punta Maisí, extremo oriental del país, se prevén los menores ascensos, 26.4 cm en 2050 y 88.2 cm en 2100. Los mayores aumentos estarán en Playa Florida, en el sur de la provincia de Camagüey, con 31.0 cm en 2050 y en La Habana con 98.4 cm en 2100.

Impactos y adaptación en las zonas costeras y recursos marinos. La zona costera cubana puede sufrir modificaciones significativas debido al cambio climático. Los principales impactos previstos son el gradual incremento de la erosión, el retroceso de la línea de costa y el deterioro de los ecosistemas costeros a corto, mediano y largo plazos. Todo ello debido al impacto combinado del aumento del nivel medio del mar, las anomalías mensuales, la intensificación de la circulación y el aumento de la temperatura de las aguas.

Se espera una intensificación de la circulación de las aguas y de la dispersión de sustancias en el medio ambiente marino. Esto podría traer como

consecuencia una mayor exportación de sedimentos fuera del espacio físico geográfico original de la dinámica costera de la plataforma insular cubana, lo que produciría perjuicios a los arrecifes de coral y contribuiría al aumento de la erosión costera y del fondo marino. También es previsible que pueda disminuir la riqueza de la biodiversidad y la función protectora de los arrecifes y pastos marinos en algunas zonas.

Impactos y adaptación en la agricultura. En el sector Agricultura se evaluaron los cultivos de papa, granos (arroz, frijoles, maíz), tabaco y frutales. También se evaluaron los impactos en las ganaderías porcina y bovina.

- **Papa:** los principales impactos previstos en el cultivo de la papa son la reducción significativa de su rendimiento, así como la reducción de las áreas cultivables. Como adaptación se continuará desarrollando acciones encaminadas a la obtención de nuevas variedades que conjuguén la tolerancia a una mayor temperatura, con el mantenimiento de rendimientos aceptables.
- **Arroz:** entre los principales impactos se prevé la reducción de la superficie de cultivo por aniego, debido a la menor disponibilidad de agua, cosechas de menor calidad y magnitud total, pérdida del territorio costero donde actualmente se cultiva arroz, debido al aumento del nivel del mar. A su vez la cuña de intrusión salina aumentará su penetración en los acuíferos subterráneos abiertos, inutilizando parte de ellos para el regadío. La adaptación estará dirigida a desarrollar acciones para la obtención de nuevas variedades que conjuguén una menor demanda de agua, con una mayor tolerancia a la temperatura y a la salinidad.
- **Frijoles:** la adaptación incluye la obtención de variedades resistentes a las altas temperaturas y a la sequía. También tiene en cuenta el mejoramiento de la calidad nutricional y del grano, así como perfeccionar la tecnología de producción.
- **Maíz:** el programa de mejoramiento genético en el maíz incluye la obtención de variedades adaptadas a los impactos del cambio climático, en particular a las altas temperaturas, a la sequía, a la humedad limitada y al encharcamiento, así como tolerancia a las principales plagas, enfermedades y virus.
- **Tabaco:** se identificó como principal impacto del cambio climático la intrusión de capas de agua salinas en la costa sur, por incremento del nivel medio del mar; lo que representa una seria amenaza para el cultivo,

provocando el deterioro de las propiedades químicas y físicas de la materia prima, afectando en gran medida la combustión. Las opciones de adaptación incluyen minimizar el empleo de productos químicos y fertilizantes minerales, que traen como consecuencia la afectación al ecosistema y a las fuentes naturales de agua potable; lograr rotaciones de cultivos para el control de plagas y disminuir su carga tóxica; y obtención de variedades de tabaco sol en palo que sean altamente resistentes a las principales enfermedades.

- **Frutales (cítricos y mango):** los principales impactos consisten en el desfase de la floración del período tradicional para cítricos y mango por el incremento de las temperaturas mínimas y volúmenes de precipitaciones con distribución aleatoria, en las etapas de inducción y diferenciación de la yema floral. En el caso de los cítricos, afectaciones en el volumen de producción y la composición por calibres, debido al déficit hídrico durante el período de cuajado de la flor y de crecimiento y maduración de los frutos.

Como medidas de adaptación se proponen el diseño y aplicación de tecnologías de manejo de los cultivos, dirigidas a minimizar las floraciones por oleadas; monitorear la humedad del suelo durante el período de desarrollo del fruto; y en períodos críticos de estrés hídrico, aplicar el agua a través de la técnica de riego deficitario controlado (RDC).

- **Ganado porcino:** los principales impactos del cambio climático en la ganadería porcina están directamente relacionados con el aumento de la temperatura del aire, esto es: disminución general de la productividad y muerte por infarto; menor efectividad del semen en los sementales; infertilidad en las reproductoras; enfermedades gastrointestinales en las crías y animales de preceba; y disminución del apetito en los animales de ceba y de la producción de leche en las reproductoras.

Las medidas de adaptación se concentran en el diseño de las naves de alojamiento de cerdos con una orientación este-oeste, con alturas de 2.40 m en la parte más baja de la nave y 3.60 m en el centro, incluyendo reventilación central, para disminuir las altas temperaturas en las áreas: y elevar la eficiencia de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales.

- **Ganado vacuno:** la ganadería vacuna se desenvolverá en un ambiente climático adverso, donde los principales impactos del cambio climático, con gran afectación en la productividad del ganado, son: disminución generalizada de la disponibilidad de alimentos, debido a la merma en la producción potencial de biomasa en los pastos; merma en la

disponibilidad de agua para el consumo directo por los animales y para otros usos de las tecnologías empleadas; y disminución progresiva de la duración en días de las fases fenológicas de cultivos importantes, entre los que se encuentran los pastos.

La adaptación en la ganadería vacuna requerirá del uso de tecnologías de protección de pastos y forrajes y del ganado; la obtención e introducción de variedades de cultivos con mayores rendimientos potenciales, la conservación *in situ* y *ex situ* de recursos genéticos locales adaptados a las condiciones de altas temperaturas, capaces de mantener su productividad con un menor consumo de agua.

Impactos y adaptación en el sector forestal. Los cuatro impactos principales registrados o esperables son: 1) pérdida de patrimonio, de bosques costeros y de la protección que ofrecen a las áreas agropecuarias interiores (impacto mayor en las empresas agroforestales de Camagüey, Mayabeque y Ciego de Ávila); 2) redistribución espacial de los pinos occidentales (el empleo de *Pinus caribaea* en los planes de reforestación que se desarrolleen al este de la provincia Pinar del Río, enfrentarán condiciones climáticas progresivamente desfavorables a lo largo del siglo XXI); 3) riesgo de muerte regresiva climática (incluye a los bosques existentes en 46 municipios del país); y 4) pérdida de especies y formaciones naturales de montaña (incluye, a partir de mediados del presente siglo, la posible pérdida de 26 especies arbóreas endémicas y una formación forestal completa, distribuidas en el macizo de Guamuhaya, la Sierra Maestra y en el macizo Nipe-Sagua-Baracoa).

Las principales acciones de adaptación propuestas para atenuar los efectos de tales impactos son: suspender las acciones de aprovechamiento con fines económicos en los manglares; completar la reforestación de los bosques costeros con especies apropiadas; restringir la reforestación con *Pinus caribaea* desde Artemisa hacia el este; y restringir la reforestación con especies de rápido crecimiento y/o baja densidad de la madera en los 15 municipios de riesgo de muerte regresiva climática alta y media.

Impactos y adaptación en los asentamientos humanos. Se estiman inundaciones permanentes que alcanzan 2416 km² (2.24 % del territorio) para el año 2050; y 5645 km² (5.33 % del territorio para 2100). Existen 19 asentamientos humanos costeros que deberán ser reubicados en el tiempo, ya que se verían afectados totalmente, proceso que se producirá de forma progresiva hasta el año 2100.

Sin incluir a La Habana, las afectaciones permanentes en población y viviendas, generadas por el cambio climático serán totales en 19 asentamientos (15 en 2050 y en 4, en 2100) y serán parciales en 89 asentamientos en 2050 y en 93 en 2100. En la capital no se estiman afectaciones totales, solamente se identifican afectaciones actuales en los consejos populares Guanabo y Santa Fe. Los consejos afectables de forma parcial, ascienden a 21 en 2050 y 26 en 2100.

Las políticas derivadas del Esquema nacional de ordenamiento territorial para las transformaciones territoriales, constituyen en sí medidas de adaptación específicas para cada lugar y contexto. Estas medidas están dirigidas a regular el destino del suelo, la localización de las actividades productivas y no productivas, y la organización territorial del sistema de asentamientos humanos, así como la gestión para la reducción del riesgo.

Impactos y adaptación en la diversidad biológica. Entre los principales impactos del cambio climático en la diversidad biológica están: pérdida del hábitat costero por el aumento del nivel del mar y el incremento de eventos meteorológicos extremos; muerte de corales por el aumento de la temperatura superficial del mar; disminución de las poblaciones de peces arrecifales como resultado de la degradación del hábitat; y disminución de la captación de carbono atmosférico en los principales ecosistemas por reducción de su área.

Las principales medidas de adaptación consisten en eliminar las amenazas sobre la biodiversidad marina y costera, promoviendo medidas de conservación de especies, hábitats y ecosistemas; realizar acciones de rehabilitación ecosistémica, que incluyan la construcción artificial de viveros de diferentes especies de mangle, de corales y fomentar el cultivo de peces depredadores, como los pargos y meros, que contribuyan al control biológico de especies exóticas e invasoras en Cuba.

Impactos y adaptación en la salud humana. Entre los impactos previstos del cambio climático en la salud humana para las enfermedades infecciosas en el período 2020-2030 se tienen nuevas epidemias de infecciones respiratorias agudas (IRA), causadas por los virus sincitial respiratorio (VSR) y virus influenza, con picos en el período lluvioso; incremento de enfermedades diarréicas agudas (EDA), causadas por enteropatógenos bacterianos (*Salmonella* y *Escherichia coli*), en los meses de la temporada poco lluviosa y en el período lluvioso desde agosto hasta octubre, e incremento de los casos de dengue y variación de la tendencia, con aumento en los meses del período lluvioso.

Entre las medidas de adaptación se encuentran la aplicación de enfoques intersectoriales y multidisciplinarios para fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica y perfeccionar los planes de los sistemas de alerta temprana; y mejorar la comunicación y la coordinación adecuada de los servicios de cuidado preventivo para pacientes con enfermedades crónicas entre los diferentes niveles del Sistema de Salud.

Impactos y adaptación en el turismo. Para el turismo cubano se consideran como principales vulnerabilidades las relacionadas con el ascenso del nivel medio de mar y la influencia de ciclones tropicales. En Varadero, principal polo turístico del país, se estiman ascensos del nivel del mar en el orden de los 29.4 cm en 2050, tendencia que se mantiene al 2100, con aumentos previstos de 97.7 cm. En cuanto a la probabilidad de afectaciones por huracanes, la península se localiza en un área que mantiene entre 24 y 68 % de probabilidad, según las trayectorias históricas en el período 1851-2017.

Entre las principales medidas de adaptación en el sector del turismo están la eliminación por demoliciones de estructuras permanentes sobre la duna; incrementar las zonas de sombra en la franja de arena y espacios públicos; y adecuar los horarios de las opcionales turísticas evitando las horas de máxima radicación solar.

Riesgos de los impactos futuros. Las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que aumenten los riesgos climáticos existentes. Los riesgos relacionados con la disponibilidad de agua dulce en Cuba aumentarán notablemente, debido a la reducción sustancial de los recursos hídricos superficiales y potencialmente los subterráneos.

El incremento proyectado de los eventos climáticos extremos como los días consecutivos secos, los días muy cálidos, así como la reducción de las noches frías/frescas, incrementará el riesgo de impactos adversos en muchos sectores.

El incremento en la afectación de huracanes intensos y la ocurrencia de otros fenómenos meteorológicos peligrosos tales como tornados, lluvias intensas, fuertes vientos e inundaciones, requerirá disminuir la vulnerabilidad en diversos sectores socioeconómicos del país y potenciar la percepción del riesgo de la población.

El incremento de la temperatura media global del aire sobre el límite de 2.0 °C con respecto al período preindustrial pondrá a la región del Caribe y a Cuba en un ámbito de condiciones climáticas sin precedentes.

Programas que comprenden medidas para mitigar el cambio climático

El Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social al 2030 (PNDES 2030), introduce por primera vez en las políticas públicas del país, el concepto de un desarrollo menos intenso en emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo que la mitigación es apreciada en las políticas nacionales como una dimensión esencial del desarrollo que contribuye a la modernización y el desarrollo tecnológico sobre bases de sostenibilidad, al fortalecimiento de sus capacidades, la mejora de la efectividad y eficiencia de los procesos al disminuir el consumo de portadores energéticos de origen fósil, a un uso de tecnologías más eficientes, a una mejor gestión de los residuos, entre otros elementos importantes y transversales a toda la actividad económica del país.

En la actualidad un proceso sistémico de identificación y seguimiento de acciones de mitigación ha dado inicio de forma más colegiada a partir de la implementación de la Tarea Vida. El estado de implementación de las acciones nacionales de mitigación del cambio climático, y la evolución del proceso internacional, demandan de Cuba el establecimiento de un sistema que permita mejorar la proyección y evaluación del impacto de estas acciones, y del modo en que estas son reportadas, lo cual permitirá satisfacer mejor diversos propósitos de la política nacional para el enfrentamiento al cambio climático. Este es uno de los aspectos en que se trabaja en estos momentos, para lo que se encuentran en proceso de formalización proyectos con financiamiento internacional para la creación de capacidades relacionadas a la transparencia.

En la Segunda Comunicación de Cuba a la CMNUCC, en el capítulo referido a las acciones de mitigación, se hizo énfasis en evaluar algunos escenarios de desarrollo, potenciales y posibles medidas de mitigación. Bajo ese enfoque se definieron y evaluaron 35 opciones de mitigación correspondientes a los sectores generación de energía eléctrica, residencial, transporte, agropecuario, forestal y desechos. A partir de ese entonces en el país se ha venido profundizando en el análisis de viabilidad de algunas de ellas para la implementación. La falta de financiamiento, los altos costos estimados, entre otras barreras, han impedido profundizar en algunas de ellas para su implementación. No obstante, se evaluaron 7 de las 10 opciones de mitigación que aparecen en la Contribución Nacionalmente Determinada propuesta por el Gobierno de Cuba. Estas 7 opciones son: sustitución por luminarias LED en los hogares y en el alumbrado público; cocinas de inducción; generación con

fuentes renovables de energía solar fotovoltaica, eólica, hidráulica y con CTE que utilizan biomasa cañera y forestal.

Cuba aspira a aumentar la participación de las fuentes renovables de energía en su matriz de generación eléctrica y hacer un uso más eficiente de este recurso. Esta transformación está dirigida principalmente a disminuir la alta dependencia del consumo de combustibles fósiles y, como consecuencia, la erogación de divisas en que se incurre por este concepto tiene fuerte incidencia en la reducción de GEI. En este informe se actualiza sobre los resultados del diseño e implementación de alguna de estas medidas, teniendo en cuenta el nuevo contexto nacional. Entre las opciones que se describen se encuentran:

- Gasificación con biomasa forestal.
- Generación de electricidad mejorando la eficiencia energética.
- Generación de electricidad en base a energía solar fotovoltaica, eólica e hidráulica.
- Generación de electricidad en base a biomasa cañera y forestal.
- Reordenamiento del transporte.
- Remotorización.
- Incremento del uso del ferrocarril en las transportaciones de carga y pasajeros.
- Producción de biogás a partir de desechos en instalaciones porcinas.
- Incremento de la cobertura forestal.

Otra información pertinente para el logro del objetivo de la convención

En esta 3CN se incluye información sobre las actividades relacionadas con: transferencia de tecnología; observación sistemática e investigación; educación, capacitación y sensibilización de la opinión pública; fomento de la capacidad; e información y trabajo en redes; destacándose, por la relevancia que en Cuba tiene, las relativas a los sistemas de vigilancia y alertas tempranas, y la cooperación Sur-Sur.

Políticas de ciencia, tecnología e innovación

El país trabaja en instrumentar la “Política para la reorganización del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación”. La misión es fomentar la generación, asimilación y aplicación de conocimientos y tecnologías; y estimular y propiciar el aprendizaje y la innovación en todas las esferas de la vida económica y

social, a fin de contribuir al desarrollo sostenible; mejorar la calidad de vida y fortalecer la identidad cultural, el desarrollo de la conciencia social, la seguridad, la defensa y la preservación de la independencia de la Nación. La visión al 2030 es incrementar su aporte al desarrollo económico y social del país, participar con actividades de mayor contenido tecnológico en la conformación del PIB, el logro del equilibrio financiero interno y externo, la elevación de la calidad de vida y el bienestar de la población.

En cuanto a la Política tecnológica, el Lineamiento 180 de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021, establece definir una política tecnológica que contribuya a reorientar el desarrollo industrial, que comprenda el control de las tecnologías existentes en el país, a fin de promover su modernización sistemática, observando los principios de la Política medioambiental del país.

Particular relevancia tiene la investigación sobre el cambio climático. Desde 2013 se han estado ejecutando cuatro programas nacionales de ciencia, tecnología e innovación, de interés nacional relacionados con este tema: “Desarrollo de fuentes renovables de energía” y los tres ya mencionados “Cambio climático en Cuba: impactos, mitigación y adaptación”; “Uso sostenible de los componentes de la diversidad biológica en Cuba”; y “Meteorología y desarrollo sostenible del país”. Por otra parte, el Estado cubano financia otras dos importantes actividades para el enfrentamiento al cambio climático: los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (PVR) y el macroproyecto: “Escenarios de peligros y vulnerabilidad de la zona costera cubana, asociados al ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100”.

Como parte del “Mecanismo de Tecnología de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” (END), se han definido áreas prioritarias en el Plan de desarrollo económico al 2030, el Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático, la Estrategia Ambiental Nacional, y las propuestas que se preparan para el Fondo Verde del Clima. Estas prioridades se relacionan fundamentalmente con el uso de las fuentes renovables de energía.

En el año 2014 se aprobó la “Política para el Desarrollo Perspectivo de las Fuentes Renovables de Energía y la Eficiencia Energética”. Los objetivos fundamentales se centran en aumentar el porcentaje de utilización de las fuentes renovables de energía, no incrementar la dependencia de importaciones de combustibles para la generación de electricidad, reducir costos y la contaminación medioambiental. Esto ha propiciado la ocurrencia de casos exitosos de transferencia de tecnologías más amigables con el clima. Para el año 2030, el país debe generar 24 % de su

electricidad mediante fuentes renovables, a través de la biomasa de la caña de azúcar, paneles solares, parques eólicos y pequeñas centrales hidroeléctricas.

La electrificación del sector del Transporte es una alternativa que se estudia por ser una importante contribución a la reducción de las emisiones de GEI y de la contaminación urbana, además mejora la calidad de vida de las personas. Esto lleva consigo la transferencia de tecnologías modernas. Se encuentran ya en explotación más de 90 vehículos.

Como resultado de las políticas nacionales y con el apoyo de la colaboración internacional a través de proyectos de colaboración internacional financiados por distintas agencias internacionales la trasferencia de tecnología, sobre todo a escala local tiene resultados exitosos en acciones como la transferencia tecnológica de: biodigestores para usos diversos; montaje de parques fotovoltaicos; el desarrollo de una comunidad agrícola baja en carbono; el establecimiento de sistemas de generación y gestión de información y conocimiento ambiental y productivo; el manejo adecuado de los suelos; y la adaptación basada en ecosistemas.

Los sistemas de alerta temprana y de observación del clima, la hidrología y los fenómenos marinos; el uso del potencial de la ciencia y la tecnología y las acciones de educación para lograr la mejor comprensión y sensibilización de la población; son fortalezas con que cuenta Cuba para el enfrentamiento al cambio climático y también participa activamente en los sistemas de observación climática y meteorológica regional y mundial.

Operan en el país tres redes fundamentales de estaciones: la red de estaciones meteorológicas, a cargo del Instituto de Meteorología; la red de pluviómetros y estaciones hidrológicas, administradas por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y la red de mareógrafos, de Geocuba Geodesia, perteneciente al Grupo Empresarial Geocuba. Estas redes están integradas bajo un sistema de vigilancia y alerta temprana para la prevención de desastres plenamente operativo, imprescindible al tomar las decisiones más adecuadas ante situaciones creadas por la variabilidad del tiempo, el clima y el cambio climático, en particular por fenómenos extremos como ciclones tropicales, intensas lluvias o sequías severas. Los fortalecimientos de los sistemas de alerta temprana constituyen medidas de adaptación preventiva.

Relacionado con lo anterior, el modelo de gestión del riesgo de desastres de Cuba, es reconocido internacionalmente por su eficacia, dado por el nivel de organización y carácter preventivo. El Sistema de Defensa Civil abarca a todos los territorios del país. Dada la importancia de este tema, el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030 establece: "Perfeccionar el Sistema

de Defensa Civil para la reducción de riesgos de desastres ante peligros de origen natural, tecnológico y sanitario, con un mayor uso de la ciencia y la tecnología, y desarrollar una eficaz y eficiente gestión integral de riesgos, con la activa participación de las comunidades, entidades, gobiernos locales y la sociedad en general, que minimice los daños, disminuya la vulnerabilidad costera para los asentamientos amenazados por el aumento del nivel del mar, viabilice la mejor evaluación económica del impacto de los desastres y de los costos de la adaptación a los efectos del cambio climático, y posibilite la recuperación rápida y organizada de las áreas y poblaciones afectadas”.

La labor educativa desempeña un rol fundamental en el modelo cubano. Las Bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030 establecen “Fomentar e incrementar la educación, conciencia y cultura ambiental de los ciudadanos, así como su participación efectiva y el papel de los medios de comunicación, de manera armónica, sistemática y coherente, incorporando a toda la sociedad cubana”.

En el Sistema Nacional de Educación y en los planes de formación de profesionales de la educación superior, la educación ambiental sigue siendo reconocida como objetivo priorizado, lo cual ha permitido el desarrollo de acciones para elevar la cultura ambiental de los estudiantes en relación con el cambio climático y el fortalecimiento de la relación de la escuela y la universidad con la comunidad. Se trabaja en el “Perfeccionamiento de la Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible en el Sistema Nacional de Educación”, con resultados fundamentales en la incorporación de contenido ambiental en el currículo de las enseñanzas del Sistema Nacional de Educación. También se incluye la dimensión del cambio climático en los programas de estudios y en todos los niveles organizativos del Sistema Nacional de Educación. De igual forma, la Educación Superior ha incorporado en los planes de formación de profesionales, la educación ambiental en general y la educación para el cambio climático en particular, como objetivo priorizado.

Se trabaja en el perfeccionamiento de los planes y programas de estudios por las comisiones nacionales de carreras. La adaptación y mitigación del cambio climático constituye uno de los temas priorizados, con marcado enfoque y orientación en el contenido de cada carrera y disciplina. En los centros universitarios municipales se planifica la apertura de modalidades de ciclo corto, con vistas a la formación del personal técnico necesario para la atención a las vulnerabilidades y riesgos de desastres en los territorios ubicados en cuencas hidrográficas, zonas montañosas y costeras del país.

Estrechamente vinculado con la Tarea 10 del Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida), relacionada con crear una cultura ambiental y elevar la percepción del riesgo climático en la población, el Sistema Nacional de Salud trabaja con el objetivo de preparar a la población cubana para el enfrentamiento al cambio climático y a los peligros y vulnerabilidades que este representa. El Ministerio de Salud Pública (Minsap), está capacitando a su personal, a partir de la introducción de esos temas en los currículos de pregrado de las carreras de ciencias médicas, a la vez que se imparte un diplomado sobre Clima y Salud, en la Escuela Nacional de Salud Pública, para la formación de posgrado en el Sistema. También ha ampliado el número de proyectos de investigación que profundicen en la relación del clima con los pronósticos de enfermedades transmisibles y no transmisibles. Esto fortalece, a nivel local, la activación de los sistemas de alerta-acción, ante posibles brotes o incremento de enfermedades asociadas al cambio climático.

Además de lo que se hace en el marco del Sistema Nacional de Educación, el desarrollo de capacidades es también objeto de otras importantes iniciativas, llevadas a cabo por instituciones y proyectos internacionales. Entre ellas destaca la labor del Centro de Creación de Capacidades para la Reducción de Riesgos de Desastres y la Adaptación al Cambio Climático (CRDAC) de la Agencia de Medio Ambiente. Este centro ha realizado numerosas acciones de capacitación, a nivel nacional e internacional, con el objetivo de incrementar la percepción del riesgo en la población; atendiendo solicitudes de instituciones y organismos, logrando capacitar, entre los años 2013-2018 un total de 2466 personas.

La cooperación Sur-Sur ha sido un eje del trabajo realizado. Cuba ha compartido sus resultados con otras naciones en vías de desarrollo, en especial los pequeños estados insulares. Las vías han sido diversas, desde la colaboración bilateral hasta acciones con el apoyo de países desarrollados y organizaciones internacionales.

Ejemplos de cooperación Sur-Sur son: el memorando de entendimiento para la cooperación entre el Caribbean Community Climate Change Centre (CCCCC) y el Insmet, para reforzar y aumentar los esfuerzos de ambas partes en el tema del cambio climático, a través de una asociación de largo plazo; y la creación del Centro de Creación de Capacidades para la Reducción del Riesgo de Desastres y la Adaptación al Cambio Climático (CRDAC), con el objetivo de fortalecer capacidades para la realización e implementación de los estudios de riesgos de desastres; la prevención y reducción de vulnerabilidades y propiciar la adopción de medidas de adaptación al cambio climático.

La existencia de 6 canales de televisión con alcance nacional, 1 internacional, 16 provinciales, 15 municipales y 39 corresponsalías a lo largo del país, así como 99 emisoras radiales con igual alcance, permite una labor permanente en la difusión de temas relacionados con el cambio climático y el medio ambiente, poniendo en práctica cuatro funciones esenciales: educar, orientar, divulgar e informar; a partir de un vínculo más estrecho con instituciones y especialistas de alto nivel en los mencionados temas. La mayoría de los canales de radio y televisión cuentan en la actualidad con perfiles institucionales en las redes sociales (Facebook, Instagram, Twitter y Youtube, entre otras), que dan mayor dinamismo a la comunicación.

Se ha ampliado el acceso a la información sobre el cambio climático. Existen numerosos sitios en los que ofrecen amplia información, utilizando principalmente Internet, disponible libremente para el público interesado.

Numerosas redes trabajan en el país como parte de las acciones que en todos los campos se hacen sobre el cambio climático. Entre ellas las que funcionan permanentemente para sustentar las comunicaciones nacionales y todas las informaciones que el país debe brindar sobre el tema del cambio climático.

Desde el punto de vista internacional, la República de Cuba está integrada en la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC) desde su creación; y a nivel subregional, la cooperación con los pequeños estados insulares en desarrollo del Caribe es significativa la asociación de largo plazo entre el Instituto de Meteorología y el Caribbean Community Climate Change Centre (CCCCC). También, Cuba participa en el Foro Regional de Perspectivas Climáticas del Caribe (CariCOF, en inglés) y en el Foro Climático de Mesoamérica. Como uno de los resultados de coordinación de la Tercera Comunicación Nacional, el país se ha integrado a la Red Latinoamericana de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (Red-INGEI).

Obstáculos, carencias y necesidades conexas de financiación, tecnología y capacidad

Este capítulo incluye información sobre las limitaciones y carencias y las necesidades conexas financieras, técnicas y de capacidad, consideradas de conformidad con las circunstancias y prioridades de desarrollo nacionales y sobre las actividades previstas y/o ejecutadas para superar los obstáculos y lagunas asociados con la aplicación de las actividades, medidas y programas previstos

en la convención, y con la preparación y el mejoramiento de las comunicaciones nacionales de forma continua.

Esta información se basa, sobre todo, en la experiencia del trabajo nacional en esta etapa, puesto que en el período de esta comunicación no se desarrollaron expresamente estudios de necesidades tecnológicas, de vacíos financieros, u otros para una evaluación sistemática de las limitaciones de capacidades.

La principal barrera para el cumplimiento de los compromisos nacionales con la implementación de la CMNUCC continúa siendo el bloqueo económico, comercial y financiero del Gobierno de los Estados Unidos de América, intensificado bajo la Administración del presidente Donald Trump. El bloqueo limita el acceso de Cuba a los principales flujos de financiamiento internacionales y el acceso a tecnologías de punta. El impacto del bloqueo gravita sobre toda la agenda climática de Cuba y las barreras, vacíos y limitaciones en el actuar nacional. En general, la vida en Cuba está sensible y negativamente influida por las políticas de los Estados Unidos de América contra Cuba. Adicionalmente, la materialización de la transferencia de recursos financieros y tecnologías desde los países desarrollados a los países en desarrollo, como establece la convención, se comporta en niveles muy por debajo de las necesidades y del compromiso internacional de la comunidad de donantes. Estas coyunturas de la financiación climática internacional, repercuten negativamente en el acceso a los recursos financieros y a tecnologías por el país, lo cual es adicionalmente dificultado por los complejos mecanismos y procedimientos que imponen los fondos climáticos y otras fuentes financieras.

En esta comunicación nacional se identificaron otras limitaciones y vacíos a nivel del trabajo que hace el país, entre ellas, las siguientes:

- De carácter general, relacionadas con la necesidad de mejorar la organización institucional, el marco estratégico para la implementación de planes de adaptación y mitigación; y el completamiento del marco legal.
- En la adaptación resulta necesario avanzar más en el entendimiento del cambio climático y el perfeccionamiento del Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático; y que están relacionados con las especificidades de cada componente de la Comunicación Nacional.
- En la mitigación, hay que avanzar mucho más en la comprensión de las diversas oportunidades que brindan las medidas de mitigación, según la naturaleza de la opción y el sector considerado.

- Para la preparación del inventario Nacional de Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero y su actualización existen vacíos importantes relacionados con las de tipo general ya mencionadas y vacíos que existen en el conocimiento de las emisiones propias.

**Tercera Comunicación Nacional a la Convención
Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático**

EXECUTIVE SUMMARY

Introduction

The Republic of Cuba is a Party to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) since 5 January 1994, and a Party to the Kyoto Protocol since 30 April 2002. Cuba ratified the Paris Agreement on 28 December 2016, also submitting on this same date its instrument of acceptance of the Doha Amendment. The country submitted its proposal for a Nationally Determined Contribution (NDC) on 23 November 2015, including contributions in adaptation, recognized as a priority, and in mitigation. Cuba has decided to update its NDC in 2020, consistent with paragraphs 22 and 24 of decision 1CP21.

In accordance with the foregoing, the Third National Communication of the Republic of Cuba presents the progress made in adaptation and mitigation, in compliance with the country's commitments as a signatory to the UNFCCC. The preparation of the document was developed under the auspices of the GEF/UNDP Project "Third National Communication and First Biennial Update Report to the UNFCCC", implemented by the UNDP Office in Cuba and with the support of the Cuban government. On the national side, the Ministry of Foreign Trade and Foreign Investment (Mincex) acted as representative of the Government, and the Ministry of Science, Technology and Environment (Citma), focal point to the Convention, technically coordinated the project through the Institute of Meteorology (Insmet) of the Environment Agency (AMA).

This National Communication was prepared under the Guidelines of the Convention adopted by the Conference of the Parties at its eighth session, by decision 17/CP.8 (UNFCCC, 2002). The application of the corresponding User Manual (UNFCCC, 2004) was essential to guarantee the effective and efficient use of the Guidelines when preparing the report.

Due to climate change impacts in the country, the focus on adaptation continues being fundamental in this document, but with notable progress in the fields of Greenhouse Gas (GHG) Inventory and Mitigation; these latter are

strengthened by the submission of the First Biennial Update Report, together with the Communication. Likewise, achievements are shown as regards the transfer of technology, communication and environmental education, systematic observation and scientific research, capacity building and South-South cooperation, information to the public and networking. The GHG Inventory presents the emissions and removals for 1990-2016 annual series. The 2006 IPCC Guidelines and IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management (IPCC, 2000) were mainly used in the preparation of the report. Regarding Mitigation, emphasis is placed on the contributions from the use of renewable energy sources and on future projections in the energy sector.

This new National Communication ratifies the high priority, sensitivity and commitment of the Cuban State to tackle climate change, where the political will to confront it is manifest and safeguarded under any circumstances.

National circumstances

The Cuban archipelago is made up of the island of Cuba, the Isle of Youth, and numerous islets and cays, with a total area⁴ of 109 884 km². Its coasts are very irregular and extend for 6,073 km, where more than 280 beaches⁵ are located (ONEI, 2019a). From the political-administrative viewpoint, the Republic of Cuba is divided into 15 provinces and 168 municipalities, including the Isle of Youth Special Municipality (ONEI, 2019a).

Cuban climate is defined as tropical, seasonally humid, with maritime influence and semi-continental characteristics (Iñiguez and Mateo, 1980). Annual mean air temperature ranges from 26 °C in the plains to 24 °C in mountain areas. Mean maximum temperature records fluctuate between 27 °C and 32 °C, and those of mean minimum temperature, between 17 °C and 23 °C (Insmet, 2018). Average annual precipitation is 1,335 mm (INRH, 2016). Climate and weather extremes, particularly drought processes, heavy rainfall and tropical cyclones, play a defining role in the climate characteristics of the country, and in the influence of climate on the development of natural and human ecosystems established in the national territory.

⁴ The total number of 109,884 km² includes 117.6 km² of the national territory occupied by the United States of America at Guantanamo Naval Base since 1903, against the will of the Cuban people.

⁵ The number of beaches may vary in future reports, due to the current debate on the need to reassess a definition of sandy beaches to differentiate them from other bathing areas.

In recent years, important changes have been observed in Cuban climate, which have been influencing the above-described climate characteristics. The main verified evidences are the increase in mean annual temperature, conditioned by the increment in minimum temperature; the decrease in cloudiness; more intense and prolonged droughts, although less frequent; increase in precipitations greater than 50 mm; and a greater anticyclonic influence.

The geological-geomorphological and soil complex stands out for its variability. From the geological point of view, sedimentary rocks predominate, in which important karstic processes take place; and metamorphic and igneous rocks are found in the mountain areas. The relief is notable for the existence of extensive plains and heights systems, and mountains that are concentrated in specific areas of the national geography, playing an important role in the country's climate characteristics. Soils constitute a complex mosaic of diverse types that extend throughout the country.

The hydrological regime depends on the behavior of precipitation, combined with the geological-geomorphological characteristics of river basins, rivers and aquifers. Eighty-two (82 %) percent of Cuban basins occupy areas of less than 200 km² and the length of the main river courses is less than 100 km. The potential of water resources evaluated in the Second National Communication was greater than 32 billion cubic meters. (SNC, 2015).

Biological diversity is very rich and varied in Cuba; 34 natural plant formations have been described, which can be generally grouped into forests, scrublands, herbaceous vegetation, vegetation complexes and secondary vegetation (Capote and Berazaín, 1984). The largest number of plant species in the Antilles inhabits in the country, and a total of 9.095 endemic species of flora and fauna is reported (ONEI, 2019b).

In 2018, forest cover reached 31.5 % of the national territory (ONEI, 2019b). The achieved forest cover levels contributed to the country's increase in CO₂ removals in the period 1990-2016.

Population reached 11.209,628 inhabitants in 2018, of which 50.3 % are women. The average population density is 102 inhabitant/km² (ONEI, 2019c). The age structure shows the gradual aging of the population, so that people over 60 years represented 20.4 % of the population in 2018, and 53 % of them are women. Cuba ranks among the countries with the oldest populations in Latin America and the Caribbean, a process that will continue to worsen over time.

Cuban population inhabits 7.014 settlements, of which 597 are urban and 6.417 rural. The population by settlement has grown, as a result of the devel-

opment achieved with the implementation of a general development policy for the country. A well-organized national health system, with high professional quality, benefits the entire population and ensures medical care in all settlements: In 2019, Cuba had 116 inhabitants for each doctor and 566 for each stomatologist (Minsap, 2020). The indicators demonstrate the efficiency and quality achieved in health care services: mortality rate decreased, registering 9.4 deaths for every 1000 inhabitants; infant mortality rate has been under five (5) per 1000 live births for 11 consecutive years (Minsap, 2019).

The Cuban State guarantees free access to education for all citizens, through the National Education System (NES). This System is conceived as an articulated set of educational levels and types of teaching, present throughout the country. It establishes the obligation to take general education up to the ninth grade, and works on its permanent improvement, in order to keep updating plans, programs, methodological guidelines and textbooks, in accordance with contemporary scientific and technical advances, including the recent incorporation of all climate change issues.

Local development is fostered as an essentially endogenous, participatory, and innovative process that articulates the interests among stakeholders, territories and levels (municipal, provincial and sectorial/national). It is based on the leadership of municipal and provincial governments to manage, from knowledge and innovation, their development strategies aimed to promote projects that generate economic-productive, sociocultural, environmental and institutional transformations, with the objective of improving the quality of life of the population. In turn, the **vision of territorial development by 2030** is characterized by the objectivity of municipal development strategies, and land and urban plans that constitute the basis of the planning and investment process, which contribute to reducing territorial imbalances.

Since the Second National Communication to date, the State and Government prioritized attention to disaster risk management has increased, based on the profoundness achieved in its improvement and institutionalization. The Civil Defense System has been strengthened, with the enhancement and greater integration of surveillance and early warning systems (for instance: hydrometeorological, earthquake and tsunami), systematizing and expanding the hazard, vulnerability and risk (HVR) studies. Their results and recommendations make possible to prepare (or update) the technical-economic feasibility studies of investments, as well as disaster risk reduction plans at local and institutional level, by analyzing the experiences of past events, updating the action procedures and using computer applications.

The establishment of Management Centers for Disaster Risk Reduction and Early Warning Points is particularly significant, since they provide information to local authorities for decision-making and issuing of early warnings, for a more effective response and to ensure the protection of communities at risk, prioritizing the most vulnerable population (children, pregnant women, senior citizens and persons with disabilities). This experience has been replicated in several countries in our region. These centers and points are at the disposal of local governments. Jointly with other institutions, they integrate all activities related to this topic at local level, including climate change mitigation and adaptation, and disasters impact assessment, in line with the 2030 Agenda for Sustainable Development, the Paris Agreement on Climate Change and the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.

The National Environmental Strategy (NES) has been updated for the period 2016-2020. It identifies seven major problems that require attention. Relevant aspects in the current Strategy, with respect to the previous ones, are the way in which its objectives are related to the Sustainable Development Goals (SDGs) and how the focus on climate change consequences has improved. The main environmental problems identified in the NES are: soil degradation, damage to forest cover, pollution, loss of biological diversity, deterioration of ecosystems, lack of water and difficulties for its management and availability, deterioration of the hygienic-sanitary condition of human settlements, and climate change impacts. As regards climate change particularly, the NES recognizes that Cuba's climate future is described as warmer, drier and more extreme, and specifically defines climate change consequences.

Cuban economy develops in a hostile international economic environment, as a consequence of the stiffening of the economic, trade and financial blockade imposed by the government of the United States of America, under the Administration of President Donald Trump. However, Cuban economy makes progress and shows favorable results in various productive and service sectors, owing to a new economic model that focuses on strategic lines for the country's development; the decentralization of the State and the Government, for the benefit of local government management; the increase in foreign investment and stimulation of private sector connection with the established development objectives.

At the end of 2017, Cuba's GDP grew by 1.8 %. The total expenses of the State Budget in 2017 constituted 66 % of the GDP and its main items were: education (17.4 %), health (14.9 %) and social security (11.1 %). On the other hand, total income represented 57.4 %, for a fiscal balance of - 8.6 %. Financial

resources for investments intended to environmental protection and rational use of natural resources, particularly for climate change adaptation and mitigation, are included in the annual economic planning.

The Conceptualization of Cuban Socialist Model for Economic and Social Development is relevant to tackling climate change. Climate services play an important role, given the significance granted to the protection of resources and the environment, among other dimensions of development, which can be achieved in a prosperous socialist society, particularly through the application of science, technology and innovation; and also because, in the planning of economic and social development, the training of human resources and the role of science, technology and innovation are in the forefront in all instances.

In accordance with the foregoing, the National Plan for Economic and Social Development until 2030 assumes challenges that are associated with constant changes in scientific, technological and climate terms. Its axes include human potential, science, technology and innovation; and natural resources and environment. Specifically, the Natural Resources and Environment Strategic Axis will promote the establishment of the set of programs and actions for effective disaster risk management and climate change adaptation, energy efficiency and development of renewable energy sources, promotion of mechanisms for citizen's information and involvement, and environmental education.

Another relevant fact for the preparation of the Third National Communication was the approval of the new Constitution of the Republic of Cuba, proclaimed on 10 April 2019. The new Constitution promotes environmental protection and conservation and tackling climate change, based on the recognition of common but differentiated responsibilities, the establishment of a fair and equitable international economic order, and the eradication of irrational production and consumption patterns. The exercise of the rights and freedoms under the Constitution implies responsibilities, recognizes that all people are entitled to enjoy a healthy and balanced environment, and regulates as a duty for Cuban State and citizens to protect natural resources, flora and fauna, and to ensure the preservation of a healthy environment. It also identifies the connection of economy and society with sustainable development to make human life more rational, and to ensure the survival, well-being and security of current and future generations.

This Third National Communication has incorporated information on the most relevant documents approved in recent years, related to the political, economic and social development of the country, analyzed in the context of

climate change. They include: The Guidelines for the Economic and Social Policy of the Party and the Revolution for the period 2016-2021, the National Plan for Economic and Social Development until 2030, the National Environmental Strategy 2016-2020, and the State Plan for Confronting Climate Change.

The State Plan for Confronting Climate Change, called “Task Life” (TaVi), constitutes a comprehensive action plan, composed of five strategic actions and eleven tasks. The tasks are aimed at the short, medium and long-term solution of specific environmental, social and economic problems, such as beach conservation and recovery, or reforestation, which are related to vulnerabilities, and climate change mitigation and adaptation.

For the preparation of this National Communication, the best practice of conceiving work in a continuous, uninterrupted cycle was consolidated and strengthened. This characteristic particularizes the process in Cuba and constitutes a strength and an opportunity in confronting climate change, based on the national socioeconomic and environmental peculiarities and the development priorities outlined by the Cuban State. It constitutes a key piece in the sustainability of the actions, to give a coherent national response when facing this challenge on a global scale. Consequently, in this National Communication it was possible to assess the progress in adaptation and mitigation in most of the sectors that were included the SNC, and other sectors such as Tourism and Construction are incorporated.

National Inventory of Greenhouse Gases

The Inventory presents GHG emissions and removals for the 1990-2016 annual series and an integrated assessment for this period. Annual reports prior to 2014 are updated and improved, mainly using the 2006 IPCC Guidelines and the IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management. (IPCC, 2000).

The four main source/sink sectors are presented: energy; industrial processes; agriculture, forestry and other land-use (AFOLU); and wastes.

For the estimates, the three main greenhouse gases were selected: carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O). GHG emissions and removals by sources are reported in an aggregated manner and expressed in carbon dioxide equivalent ($\text{CO}_2\text{ eq}$). Global warming potentials (GWP) were used, which were provided by the IPCC in its 1995 Second Assessment Report, based on the effects of GHGs over a time horizon of one hundred years.

The activity data used to estimate emissions were those available in the country by sources, obtained through the National Office of Statistics and Information (ONEI). The emission parameters used were basically those provided by the 2006 IPCC Guidelines. Moreover, in some categories the emission parameters were calculated for the country's conditions and circumstances. All estimates are reported in kilo ton (kt) of the pollutant.

The main results obtained show that in 2016 the total gross emissions accounted for 50.213,7 kt CO₂ eq, and were 6.2 % lower than in the base year (1990). On the other hand, net emissions represented 23.066.5 kt CO₂ eq, for a 38.2 % less than those corresponding to 1990. By gases, the balance of CO₂ emissions and removals accounted for 4.722,3 kt, decreasing by 70.3 % since 1990. The main cause of this decrease was the increase in CO₂ removals, which in 2016 represented 68.6 % higher than those registered in 1990, and 1.9 % above those reached in 2014. CH₄ emissions reached 12.295,2 kt CO₂ eq, decreasing by 5.6 % compared to 1990, and those of N₂O were 6.048,9 kt CO₂ eq, decreasing by 28.2 % since 1990. One of the significant elements in 2016 was the growth of forest biomass and its sink effect, exceeding emissions due to wood extractions and other causes. Energy and AFOLU sectors are the most important in the 2016 Inventory, jointly representing 91.8 % of total gross emissions; while Waste, and Industrial Processes and Product Use sectors represent only 8.2 %.

Similarly, more than 95 % of emissions in the last year of the series are concentrated in just 20 subcategories, of which 17 belong to Energy and AFOLU sectors, two to Waste and one to Industrial Processes and Product Use.

The following are important elements in the context of this Third National Communication (3CN):

- Source categories and subcategories estimated in a disaggregated manner (in the Energy Industries subcategory, emissions from Electricity Generation and Oil Refining were disaggregated).
- Corrected data for the consumption of crude oil, fuel oil, diesel and natural gas in energy production.
- Emissions were disaggregated for 4 of the 13 components of the Manufacturing and Construction Industries subcategory.
- Better disaggregation in fuel consumption for Transportation, thanks to having access to the National Energy Balance.
- Estimation of emissions in Off-road Transportation subcategory in Mobile Agriculture.

- More detailed disaggregation of fuel consumption in the Fugitive Emissions category.
- The activity data series of Clinker production is completed for all years in the series. The annual parametric data of calcium oxide proportion in the clinker is obtained, making it possible to obtain an annual emission factor specific to the country.
- It is certified that quicklime is the only type of lime produced in the country, which facilitates the application of a Tier 2 method using the same emission factor. Slight increase in emissions when introducing the correction for lime kiln dust (LKD).
- The activity data series of Nitric Acid production is completed for all years in the series. A Tier 2 method is applied when the type of plant is known.
- Emissions are estimated based on the types of steel production technologies in the country; therefore, the emission factor of the Global Average for Electric Arc Furnace (EAF) and Open Hearth Furnaces (OHF) changes as appropriate for each steel mill.
- New emission parameters were obtained in three selected categories of the Inventory, such as:
 - CH₄ emission parameters derived from enteric fermentation and cattle manure management, in Agriculture sector.
 - Carbon emission/removal parameters for changes in forests and other biomass reserves, Land Use, Land Use Change and Forestry sector.
- Increased quality in estimating emissions from the use of more refined activity data and greater transparency in parameters and emission factors.
- In category 3C Aggregated Sources and non-CO₂ emission sources from land, emissions were estimated with more refined activity and parametric data by default of the 2006 IPCC Guidelines, and others by expert judgement related to livestock farming.
- More detailed estimation of annual CH₄ emissions in rice cultivation with emission factors according to the 2006 IPCC Guidelines and parametric values adjusted to the characteristics of the cultivation in the country provided by expert judgement.
- Emissions in the Industrial Wastewater category are disaggregated by type of industry.
- Inclusion of industrial wastewater generation values by type of industry according to the 2006 IPCC Guidelines.

Programs that comprise measures to enable adequate climate change adaptation

On 25 April 2017, the Council of Ministers of the Republic of Cuba approved the State Plan for Confronting Climate Change, also known as “**Task Life**” (**Tarea Vida**, in Spanish). The plan comprises 5 strategic actions and 11 tasks, which include a first identification of prioritized areas, emphasizing on the protection of human life, food security and tourism development.

The State Plan tasks more directly related to climate change adaptation are aimed to:

- reduce vulnerability in the 15 prioritized areas of the country;
- recover sandy beaches;
- protect soils and waters, and recover mangrove swamps through reforestation;
- rehabilitate and preserve coral reefs;
- implement adaptation measures related to food, energy, land and urban planning, fishing, agriculture, health, tourism, construction, transportation, industry and comprehensive forest management.

The agencies of the Central State Administration contribute to climate change adaptation with their **development programs**. The most important ones are: Water rational use and saving program, Soil improvement and conservation program, Program to fight disease-carrier vectors, National forestry program, and National fire management strategy for the forests of the Republic of Cuba.

Climate change adaptation is also the subject of important **national programs**, such as hazard, vulnerability and risk (HVR) studies for different climate extremes, implemented downscaled to the local level; and the Macro-project called “Hazard and vulnerability scenarios for Cuban coastal zone associated to mean sea level rise by 2050 and 2100”. In addition, three scientific research programs of national interest are implemented, which significantly contribute to a better understanding of climate change and its consequences. These programs are: “Climate change in Cuba: impacts, mitigation and adaptation”, “Meteorology and sustainable development in the country”, and “Sustainable use of Cuban biological diversity components”.

In Cuba, a series of **projects with international financing** related to climate change adaptation are also executed. The following are among the most important: “Environmental bases for local food sustainability” (BASAL);

“Country Partnership Program for Sustainable Land Management” (SLM); “A landscape approach to the conservation of threatened mountain ecosystems” (Connecting landscapes); “Reducing vulnerability to coastal flooding through ecosystem-based adaptation in the south of Artemisa and Mayabeque provinces” (Living Mangrove); “Sixth National Report to the Convention on Biological Diversity”; “The Biodiversity Finance Initiative” (BIOFIN); and “Incorporating multiple environmental considerations and their economic implications into the management of Cuban landscapes, forests and productive sectors” (ECOVALOR). The project “Improving the prevention, control and management of invasive alien species in Cuban vulnerable ecosystems” must also be highlighted, although it concluded in December 2017.

In the Vulnerability and Adaptation component of this Third National Communication, besides describing the progress achieved in the implementation of adaptation options since the Second Communication, the following topics were addressed: variations and changes observed in Cuban climate; climate and sea level projections; impacts and adaptation in coastal zones and marine resources, agriculture, forests, human settlements and land uses, biological diversity, human health and tourism, and risks of future impacts. Furthermore, several case studies were developed in selected areas, which will be published separately in a multimedia product, currently in preparation.

Variations and changes observed in Cuban climate. Observational evidence supports the hypothesis that Cuban climate is moving towards a state with similar characteristics to a climate system with an intensified greenhouse effect in the Earth's atmosphere. This is based on the following scientific findings reached by Cuban researchers:

- Annual mean temperature increases by 1.0 °C and annual mean minimum temperature by 2.0 °C in the period 1951-2017. Each of the last three decades has been warmer than all the previous ones.
- Stable precipitation behavior in recent decades. Although drought events have decreased, three of the most significant drought events have occurred so far this century (2003-2005, 2009-2010 and 2014-2015).
- In the period 1980-2017, warm periods were increasingly frequent, and cold ones decreased. Generally, warm nights and days increased, while cold nights and days decreased.

- Annual and seasonal mean cloudiness decreased in Cuba in the period 1976-2017. The decline is more notable in the dry season and in the western region.
- Increasing trend of hurricanes that affect Cuba since 1791, with a strong activity of intense hurricanes since 2001.
- Predominance of zonal currents from the east and downward vertical movement in the period 1951-2017, due to anticyclonic influence.

Climate and sea level projections. The results of climate projections were consistent with climate trends and characteristics described in the Second National Communication, showing a warmer, drier and more extreme climate by the end of the 21st century. In this Third Communication, it is possible to specify an increase in annual air temperature for Cuba greater than 1.0 °C by 2030 and 3.5 °C by 2070, with respect to the reference period 1961-1990. Regarding precipitation projections, a reduction of approximately 10 % is expected in the rainy period.

Sea level rise projections made in the first decade of this century showed an increase in 27 cm by 2050 and 85 cm by 2100. Such projections were updated for the period 2030-2100, with values of 29.3 cm and 95.0 cm by 2050 and 2100, respectively. Moreover, sea level rise was calculated for 66 locations on Cuban coasts. Interestingly, for both the northern and southern coasts of Cuba, above-mean values of sea level rise are mostly concentrated in the western half of Cuba. It is also significant that in Punta Maisí, eastern end of the country, the lowest increase values are expected, 26.4 cm by 2050 and 88.2 cm by 2100; while the highest ones will occur in Playa Florida, in the south of Camagüey province, with 31.0 cm by 2050, and in Havana with 98.4 cm by 2100.

Impacts and adaptation in coastal zones and marine resources. Cuban coastal zone can undergo significant modifications due to climate change. The main expected impacts are the gradual increase in erosion, coastline retreat and deterioration of coastal ecosystems in the short, medium and long terms. All this is due to the combined impact of mean sea level rise, monthly anomalies, intensification of circulation and increase in water temperature.

The intensification of water circulation and substance dispersal in the marine environment is foreseen. This could result in a greater sediment export outside the original geographic-physical space of coastal dynamics in Cuban insular shelf, which would cause damage to coral reefs and contribute to in-

crease coastal and seabed erosion. It is also expected that it may diminish biodiversity richness and the protective function of reefs and seagrass beds in some areas.

Impacts and adaptation in Agriculture: In the agriculture sector, the evaluated crops were potato, grains (rice, beans and corn), tobacco and fruit trees. The impacts on pig and bovine livestock farming were also assessed.

- **Potato:** The main expected impacts on potato cultivation are the significant decrease in its yield, as well as the reduction of arable areas. As an adaptation measure, actions will continue to be developed to obtain new varieties that combine tolerance to a higher temperature with maintaining acceptable yields.
- **Rice:** Among the main impacts, it is expected a reduction in the area of flooded fields, due to lower water availability, harvests with lower quality and total quantity, loss of coastal territory where rice is presently grown, due to sea level rise. In turn, the wedge of saline intrusion will increase its penetration in open underground aquifers, rendering a part of them useless for irrigation. Adaptation will be directed to develop actions for obtaining new varieties that combine a lower water demand with a higher tolerance to temperature and salinity.
- **Beans:** Adaptation includes obtaining varieties that are resistant to high temperatures and drought. It also takes into account the improvement of nutritional and grain quality, as well as improving production technology.
- **Corn:** The corn genetic improvement program includes obtaining varieties adapted to climate change impacts, particularly high temperatures, drought, limited humidity and waterlogging, as well as tolerance to the main pests, diseases and viruses.
- **Tobacco:** The intrusion of saline water layers on the southern coast was identified as the main climate change impact, due to an increase in mean sea level, which represents a serious threat to the crop, causing the deterioration of the chemical and physical properties of the raw material, and greatly affecting combustion. Adaptation options include minimizing the use of chemical products and mineral fertilizers, which consequently affect the ecosystem and natural sources of drinking water; achieving crop rotations for pest control and decreasing its toxic load;

and obtaining varieties of dark tobacco that are highly resistant to major diseases.

- **Fruit trees (citrus and mango):** The main impacts comprise the flowering lag from the traditional period for citrus and mango trees, due to the increase in minimum temperatures and precipitation volumes with random distribution, in the flower bud induction and differentiation stages. In the case of citrus fruits, there are impacts in the production volume and the composition by sizes, due to water deficit during the period of flowering set and fruit growth and maturation.

As adaptation measures, it is proposed the design and application of crop management technologies, aimed to minimize flowering by waves; as well as monitoring soil moisture during the fruit development period, and in critical water stress periods, apply water through the Controlled Deficit Irrigation (CDI) technique.

- **Pig farming:** the main impacts of climate change on pig farming are directly related to the increase in air temperature, causing general decrease in productivity and death from heart attack, less effectiveness of semen in studs, infertility in breeders, gastrointestinal diseases in offspring and pre-fattening animals, decreased appetite in fattening animals and decreased milk production in breeders.

The adaptation measures are concentrated on the design of the pig housing buildings with an east-west orientation, with heights of 2.40 m in the lowest part of the building and 3.60 m in the center, including central venting, to reduce the high temperatures in the areas and raise the efficiency of wastewater treatment systems.

- **Cattle:** Cattle raising will develop in an adverse climate environment, where the main impacts of climate change, with great effect on livestock productivity, are: general decrease in food availability, due to the decrease in the potential biomass production in pastures, decrease in water availability for direct consumption by animals and for other uses in the applied technologies, and progressive decrease in the duration in days of the phenological phases of important crops, including pastures.

Adaptation in cattle raising will require the use of protection technologies for pasture and forage, and for cattle; obtaining and introducing crop varieties with higher potential yields; in situ and ex situ conservation of local genetic resources adapted to high temperature conditions, capable of maintaining their productivity with less water consumption.

Impacts and adaptation in the forestry sector. The four main registered or expected impacts are: 1) loss of heritage, of coastal forests and the protection they offer to inland agricultural areas (greater impact on agroforestry companies in Camagüey, Mayabeque and Ciego de Ávila); 2) spatial redistribution of western pines (the use of *Pinus caribaea* in reforestation plans to be developed east of the Pinar del Río province will progressively face unfavorable climate conditions throughout the 21st century); 3) risk of regressive climate death (including existing forests in 46 municipalities in the country); and 4) loss of natural mountain species and formations (including, from the middle of the present century, the possible loss of 26 endemic tree species and a complete forest formation, distributed in Guamuhaya massif, Sierra Maestra mountain range and Nipe-Sagua-Baracoa massif).

The main adaptation actions proposed to mitigate the effects of such impacts are: suspending exploitation actions for economic purposes in mangrove swamps; complete reforestation of coastal forests with appropriate species; restrict reforestation with *Pinus Caribaea* from Artemisa to the east; and restrict reforestation with fast growing and/or low wood density species in the 15 municipalities at risk of high and medium climate regressive death.

Impacts and adaptation in human settlements. Permanent floods reaching 2.416 km² (2.24 % of the territory) are estimated by 2050; and 5,645 km² (5.33 % of the territory) by 2100. There are 19 coastal human settlements that will have to be relocated in time, since they would be totally affected, a process that will take place progressively until 2100.

Excluding Havana, the permanent impacts on population and housing generated by climate change will be total damage in 19 settlements (15 by 2050 and 4 by 2100), and partial ones in 89 settlements by 2050, and in 93 by 2100. In the capital city, total damages are not estimated, only current effects are identified in Guanabo and Santa Fe People's Councils. The councils that can be partially affected amount to 21 by 2050 and 26 by 2100.

The policies derived from the National Scheme of Land Use Planning for territorial transformations constitute, by themselves, specific adaptation measures for each place and context. These measures are aimed at regulating land use, locating productive and non-productive activities, and guaranteeing the territorial organization of the human settlement system, as well as risk reduction management.

Impacts and adaptation in biological diversity. Among the main impacts of climate change on biological diversity are: loss of coastal habitat because of sea level rise and increased extreme weather events, coral death owing to the increase in sea surface temperature, declining reef fish populations as a result of habitat degradation, and decrease in atmospheric carbon sequestration in the main ecosystems due to reduction in their area.

The main adaptation measures consist of eliminating threats to marine and coastal biodiversity, promoting conservation measures for species, habitats and ecosystems; carrying out ecosystem rehabilitation actions, including the artificial construction of nurseries for different mangrove and corals species; and encourage the culture of predatory fish, such as snappers and groupers, that contribute to the biological control of alien and invasive species in Cuba.

Impacts and adaptation on human health. The projected climate change impacts on human health, for infectious diseases in the period 2020-2030, include: new epidemics of acute respiratory infections (ARI), caused by the respiratory Syncytial and Influenza viruses, with peaks in the rainy season; increase in acute diarrheal diseases (ADD), caused by bacterial enteropathogens (*Salmonella* and *Escherichia coli*), during the dry season and in the rainy season from August to October; and increase in dengue cases and trend variation, with an increment in the rainy period.

Adaptation measures include the application of intersectoral and multidisciplinary approaches, to strengthen epidemiological surveillance systems and refine plans for early warning systems, and improve communication and proper coordination of preventive care services for patients with chronic diseases between the different levels of the Health System.

Impacts and adaptation in Tourism. For Cuban tourism, the main vulnerabilities are those related to mean sea level rise and the influence of tropical cyclones. In Varadero, the country's main tourist resort area, sea level rise is estimated in the order of 29.4 cm by 2050, a trend that continues until 2100, with an expected increase of 97.7 cm. Regarding the likelihood of hurricane damage, the peninsula is located in an area that has between 24 and 68 % likelihood, according to historical tracks in the period 1851-2017.

The main adaptation measures in the tourism sector comprise the removal by demolition of permanent structures on the dune, increase in the shadow areas in the sand strip and public spaces, and adapting the schedule of tourist activities, to avoid the hours of maximum solar radiation.

Risks of future impacts. Projections suggest that climate change will increase existing climate risks. The risks related to fresh water availability in Cuba will increase remarkably, due to the substantial reduction in surface and potentially underground water resources.

The projected increase in extreme weather events such as consecutive dry days, very hot days, as well as the reduction of cold/cool nights, will increase the risk of adverse impacts in many sectors.

The increase in the impact of intense hurricanes and the occurrence of other dangerous weather phenomena, such as tornadoes, heavy rains, strong winds and floods, will require reducing vulnerability in various socio-economic sectors of the country and enhancing risk perception among the population.

The increase in global mean air temperature above the 2.0 °C limit, with respect to the pre-industrial period, will position the Caribbean region and Cuba in an environment of unprecedented climate conditions.

Programs that include measures to mitigate climate change

The National Plan for Economic and Social Development until 2030 (PNDES 2030) introduces into the country's public policies, for the first time, the concept of a less intense development in greenhouse gas emissions. Therefore, mitigation is appreciated in national policies as an essential dimension of development, which contributes to modernization and technological development, on the basis of sustainability, to strengthening its capabilities, improving the effectiveness and efficiency of processes by decreasing the consumption of energy carriers of fossil origin, a more efficient use of technologies, better waste management, among other important and cross-cutting elements of all economic activity in the country.

Currently, a systemic process of identification and monitoring of mitigation actions has started in a more harmonized manner, from the implementation of the Task Life. The state of implementation of national actions to mitigate climate change, and the evolution of the international process, require that Cuba establishes a system that will improve the projection and impact assessment of these actions, and the way in which they are reported, which will allow to better satisfy various purposes of the national policy for confronting climate change. This is one of the aspects being addressed at present, for which projects with international financing for capacity building related to transparency are in the process of being formalized.

In Cuba's Second Communication to the UNFCCC, in the chapter referring to mitigation actions, emphasis was placed on evaluating some development scenarios, potentials and possible mitigation measures. Under this approach, 35 mitigation options were defined and evaluated for the sectors of electric power generation, residential, transportation, agricultural, forestry and waste. Since then, the country has been deepening in the feasibility analysis of some of these options for implementation. The lack of financing, the high estimated costs, among other barriers, have prevented some of them from being studied in depth for their implementation. However, 7 of the 10 mitigation options that appear in the Nationally Determined Contribution proposed by the Government of Cuba were evaluated. These 7 options are: replacement by LED luminaires in homes and in public lighting; induction cookers; generation from renewable energy sources like photovoltaic solar, wind, hydraulic, and CTE using sugar cane and forest biomass.

Cuba seeks to increase the participation of renewable energy sources in its electricity generation matrix and make more efficient use of these resources. This transformation is mainly aimed at reducing the high dependence on fossil fuel consumption and, as a consequence, the foreign currency outlays incurred by this concept have a strong impact on GHG reduction. This report updates the results of the design and implementation of some of these measures. The scenarios for mitigation by 2030 are also updated taking into account the new national context. Among the options described are:

- Gasification using forest biomass.
- Electricity generation improving energy efficiency.
- Electricity generation based on photovoltaic solar, wind and hydraulic energy.
- Generation of electricity based on sugar cane and forest biomass.
- Rearrangement of transportation.
- Re-motorization.
- Increase in the use of railways for freight and passenger transportation.
- Biogas production from waste in pig farming facilities.
- Increased forest cover.

Other information relevant to achieving the objective of the Convention

This 3CN includes information on activities related to: technology transfer, systematic observation and research; education, training and awareness rai-

sing of public opinion; capacity building, and information and networking; standing out, due to its relevance in Cuba, those related to surveillance and early warning systems, and South-South cooperation.

Science, technology and innovation policies

The country is working on the implementation of the “Policy for the reorganization of the science, technology and innovation system”. The mission is to encourage the generation, assimilation and application of knowledge and technologies; stimulate and promote learning and innovation in all spheres of economic and social life, in order to contribute to sustainable development; and improve the quality of life and strengthen cultural identity, the development of social awareness, security, defense and preservation of the nation’s independence. The vision for 2030 is to increase the contribution of this system to the economic and social development of the country, participate with activities of greater technological content in the conformation of the GDP, achieve internal and external financial balance, and improve the quality of life and well-being of the population.

As for the Technological Policy, of the Guidelines for the Economic and Social Policy of the Party and the Revolution for the period 2016-2021, Guideline 180 sets out to define a technological policy that contributes to reorient industrial development, comprising the control of existing technologies in the country, in order to promote their systematic modernization, observing the principles of the country’s Environmental Policy.

Research on climate change is particularly relevant. Since 2013, four national science, technology and innovation programs of national interest related to this topic have been implemented. One of them is “Development of Renewable Energy Sources”; and the other three were already mentioned above: “Climate Change in Cuba: Impacts, Mitigation and Adaptation”, “Sustainable use of Cuban biological diversity components”, and “Meteorology and sustainable development of the country”. On the other hand, the Cuban State finances two other important activities to tackle climate change: the Hazard, Vulnerability and Risk (HVR) studies and the Macro-project called “Hazard and vulnerability scenarios for Cuban coastal zone associated to mean sea level rise by 2050 and 2100”.

As part of the “Technology Mechanism of the United Nations Framework Convention on Climate Change” (END), priority areas have been defined in the Economic Development Plan for 2030, the State Plan for Confronting Cli-

mate Change, the National Environmental Strategy, and the proposals that are being prepared for the Green Climate Fund. These priorities are primarily related to the use of renewable energy sources.

In 2014, the “Policy for the Prospective Development of Renewable Energy Sources and Energy Efficiency” was approved. The main objectives are focused on increasing the use percentage of renewable energy sources, not increasing dependence on fuel imports for electricity generation, reducing costs and environmental pollution. This has led to the occurrence of successful cases of transfer of more climate-friendly technologies. By 2030, the country must generate 24 % of its electricity through renewable sources, from the use of sugar cane biomass, solar panels, wind farms and small hydroelectric plants.

The electrification of the transportation sector is an alternative under study for being a major contribution to reducing GHG emissions and urban pollution, while improving the quality of life of people. This involves the transfer of modern technologies. More than 90 vehicles are already in operation.

As a result of national policies and with the support of international collaboration, through international collaboration projects financed by different international agencies, the transfer of technology, especially at the local level, has been successful in actions such as: technology transfer of biodigesters for diverse uses, assembly of photovoltaic parks, developing a low-carbon farming community, the establishment of systems for the generation and management of environmental and productive information and knowledge, proper soil management, and ecosystem-based adaptation.

Early warning and observation systems for climate, hydrology and marine phenomena, the use of science and technology potential and education actions to achieve a better understanding and awareness of the population are among Cuba's strengths for tackling climate change. Likewise, the country actively participates in regional and global climate and weather observation systems.

Three main networks of stations are operating in the country: the network of meteorological stations, under the Institute of Meteorology; the network of rain gauges and hydrological stations, administered by the National Institute of Hydraulic Resources; and the network of tide gauges, under Geocuba Geodesia, belonging to Geocuba Business Group. These networks are integrated under a monitoring and early warning system for disaster prevention, which is fully operational and imperative for the most appropriate decision-making when facing situations created by the variability of weather, climate and cli-

mate change, particularly extreme phenomena like tropical cyclones, heavy rains or severe droughts. The strengthening of early warning systems constitutes a preventive adaptation measure.

Related to the above, Cuba's disaster risk management model is internationally recognized for its effectiveness, given its organization level and preventive nature. The Civil Defense System covers all the territories of the country. Given the importance of this topic, the National Plan for Economic and Social Development until 2030 stipulates "Improving the Civil Defense System to reduce disaster risks in the face of natural, technological and health hazards, with a greater use of science and technology, and developing effective and efficient comprehensive risk management, with the active involvement of communities, entities, local governments and society in general, that minimizes damage, reduces coastal vulnerability for settlements threatened by sea level rise, makes feasible the best disasters impact economic assessment and the costs of adaptation to climate change effects, and enables the rapid and organized recovery of affected areas and populations".

Educational work plays a fundamental role in the Cuban model. The Bases of the National Plan for Economic and Social Development until 2030 requires "Promoting and increasing environmental education, awareness and culture of the citizens, as well as their effective involvement, and the role of the media, in a harmonious, systematic and coherent manner, incorporating the entire Cuban society".

In the National Education System (NES) and in training plans for higher education professionals, environmental education is being recognized as a prioritized objective, which has allowed the development of actions to raise the environmental awareness of students regarding climate change, and the strengthening of the link of the school and the university with the community. Work is being done on the "Improvement of Environmental Education for Sustainable Development in the National Education System", with very important results in the incorporation of environmental content into the curriculum of the NES teaching levels. Climate change dimension has also been included in the syllabus and at all NES organizational levels. Similarly, higher education has incorporated into the professional training plans environmental education in general, and climate change education in particular, as a high-priority objective.

National university course commissions continue their efforts to improve the syllabus and programs. Climate change adaptation and mitigation constitutes one of the prioritized subjects, with a marked focus and orientation in

the content of each university course and discipline. The opening of short-cycle modalities is planned in municipal university centers, with a view to training the technical personnel necessary to attend to vulnerabilities and disaster risks in the territories located in hydrographic basins, mountain and coastal areas of the country.

Closely linked to Task 10 of the State Plan for Confronting Climate Change (Task Life), the National Health System works on preparing the Cuban people for coping with climate change and the hazards and vulnerabilities it brings about. The Ministry of Public Health (Minsap) is training its staff, from the introduction of these subjects in undergraduate curricula of medical science university courses, while imparting a Diploma Course on Climate and Health at the National School of Public Health, for postgraduate training in the System. It has also expanded the number of research projects that deepen in the study on the link of climate with forecasts of communicable and non-communicable diseases. This strengthens, at the local level, the activation of alert-action systems, in the event of possible outbreaks or increases in climate change-related diseases.

In addition to what is done within the framework of the National Education System, capacity building is also the subject of other important initiatives, carried out by international institutions and projects. Among them stands out the work of the Capacity Building Center for Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation (CRDAC) of the Environment Agency. This Center has conducted numerous training activities at national and international level, with the purpose of increasing risk perception in the population. At the requests from institutions and organizations, it has managed to train a total of 2,466 people during the period 2013-2018.

South-South cooperation has been an axis of the work carried out. Cuba has shared its results with other nations in developing countries, especially small island states. The ways have been diverse, from bilateral collaboration to actions with the support of developed countries and international organizations.

Examples of South-South cooperation are: the memorandum of understanding for cooperation signed between the Caribbean Community Climate Change Center (CCCCC) and the INSMET, to strengthen and increase the efforts of both parties on climate change issues through a long-term partnership; and the creation of the Capacity Building Center for Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation (CRDAC), with the aim of strengthening capacities for conducting and implementing disasters risk studies, for the

prevention and reduction of vulnerabilities, and promoting the adoption of climate change adaptation measures.

The existence of 6 television channels with national reach, 1 international, 16 provincial, 15 municipal and 39 correspondent offices throughout the country, as well as 99 radio stations with the same range, allows for permanent work in the dissemination of issues related to climate change and the environment, putting into practice four essential functions: educating, guiding, disseminating and informing, from a closer link with high-level institutions and specialists in the aforementioned topics. Nowadays, most radio stations and television channels have institutional profiles in the social networks (Facebook, Instagram, Twitter and YouTube, etc.), which provide greater dynamism to communication.

Access to information on climate change has been expanded. There are numerous sites that offer extensive information, mainly using the Internet, freely available to the interested public.

Numerous networks work in the country as part of the actions on climate change that are carried out in all fields, including those that work permanently to support national communications and all the information that the country must provide on the subject of climate change.

From the international point of view, the Republic of Cuba is integrated into the Ibero-American Network of Climate Change Offices (RIOCC) since its inception; and at the sub-regional level, cooperation with the small island developing states in the Caribbean is a significant long-term partnership between the Institute of Meteorology and the Caribbean Community Climate Change Center (CCCCC). Moreover, Cuba participates in the Caribbean Climate Outlook Forum (CariCOF), and in the Mesoamerican Climate Forum. As one of the coordination results of the Third National Communication, the country has joined the Latin American Network on Greenhouse Gas Inventory (RedINGEI).

Barriers, gaps and related financing, technology and capacity needs

This chapter includes information on limitations and shortages, and related financial, technical and capacity needs, evaluated in accordance with national development circumstances and priorities; and on planned and/or implemented activities to overcome barriers and gaps associated with the implementation of activities, measures and programs provided for in the Convention, with the preparation and improvement of national communications on a continuing basis.

This information is primarily based on the experience of national work this stage, since during the period this Communication no technology need or financial gap studies were specifically developed, or any other for a systematic assessment of capacity constraints.

The main barrier to the compliance with national commitments to the implementation of the UNFCCC continues to be the economic, trade and financial blockade imposed by the Government of the United States of America, which has been stiffened under President Donald Trump Administration. The blockade limits Cuba's access to the main international financing flows, and access to cutting-edge technologies. The impact of the blockade gravitates on Cuba's entire climate agenda and the barriers, gaps and limitations in national actions. In general, life in Cuba is sensitively and negatively influenced by the policies of the United States against Cuba. Additionally, the materialization of the transfer of financial resources and technologies from developed countries to developing countries, as established by the Convention, behaves at levels well below the needs and international commitment of the donor community. These situations of international climate financing have a negative impact on the country's access to financial resources and technologies, which is further hindered by the complex mechanisms and procedures imposed by climate funds and other financing sources.

In this National Communication, other limitations and gaps were identified at the level of the nationally conducted work, including the following:

- In general, related to the need to improve institutional organization, the strategic framework for the implementation of adaptation and mitigation plans, and the completion of the legal framework.
- In adaptation, it is necessary to advance further in understanding climate change and improving the State Plan for Confronting Climate Change, and which is related to the specificities of each component of the National Communication.
- In mitigation, much more progress needs to be made in understanding the various opportunities that mitigation measures provide, depending on the nature of the option and the sector analyzed.
- For the preparation of the National Inventory of Greenhouse Gas Emissions and Removals and its updating, there are important gaps related to the abovementioned general limitations, and gaps in the knowledge of own emissions.

INTRODUCCIÓN GENERAL

La comprensión del cambio climático y de la necesidad de la adaptación y la mitigación como factores esenciales para el desarrollo sostenible del país, forman parte de las políticas nacionales relacionadas con las proyecciones económica, social y medio ambiental a corto, mediano y largo plazos. Esto es consecuencia del papel que en Cuba tiene la ciencia y la cultura, desde el inicio del proceso revolucionario en 1959. El primer estudio del impacto del cambio climático en sectores socio-económicos priorizados se hizo en el año 1991 y la primera evaluación de las variaciones y cambios en el clima cubano se realizó en el 1997. Desde entonces los avances han sido significativos.

Cuando se presentó la Segunda Comunicación Nacional, en 2015, en el país estaba vigente un acuerdo del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, referido al impacto del cambio climático, que revisaba periódicamente el tema, principalmente en las zonas costeras. En el año 2017 se elevó la atención del Estado y el Gobierno sobre este importante tema, aprobándose un Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida), que involucra a todos los organismos de la administración central del Estado y a la sociedad en general. Basado en este plan, mensualmente se supervisa la marcha de las medidas de adaptación y mitigación en todos los sectores socioeconómicos, los avances de la ciencia y la comunicación. La Tarea Vida está en constante perfeccionamiento, como instrumento de trabajo estratégico para la supervivencia del país.

La Tercera Comunicación Nacional de la República de Cuba (3CN) se presenta entonces en un escenario de fortalecimiento del pensamiento y actuar del país para enfrentar los riesgos asociados a esta inevitable amenaza climática.

La ciencia ha demostrado lo inevitable del cambio climático y sus desastrosas consecuencias para la vida en el planeta. El límite en que los procesos naturales funcionarían descontroladamente para la supervivencia fue fijado para un incremento de la temperatura promedio global respecto a la era preindustrial entre 1.5 y 2.0 °C; a no rebasar ese umbral es el llamado del Acuerdos de París del 2015. El Acuerdo de París, más que todo, es un llamado a los países desarrollados a asumir su responsabilidad reduciendo las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero; y, no obstante, las aplastantes pruebas, el actual Gobierno de los Estados Unidos de América desconoce,

como nunca antes, esta realidad y peor aún, la califica como un invento de los enemigos de la nación norteamericana.

Los cambios que se vienen produciendo en las últimas décadas en las condiciones climáticas son cada vez más acelerados. La Organización Meteorológica Mundial, en su reporte del Estado del Clima Global, asegura que los últimos cuatro años han sido los más cálidos jamás registrados, y la temperatura media mundial del aire en superficie de 2018 estuvo aproximadamente 1 °C por encima del valor de referencia de la era preindustrial (OMM, 2019). Esta agencia meteorológica afirma lo constatado por el IPCC en su Quinto Informe, en cuanto a que “la limitación del calentamiento global a 1.5 °C precisaría de cambios rápidos y de gran alcance en esferas como la tierra, la energía, la industria, los edificios, el transporte y las ciudades, y que, para 2030, las emisiones netas mundiales de dióxido de carbono causadas por las actividades humanas tendrían que haberse reducido en aproximadamente 45 % con respecto a las concentraciones de 2010, para finalmente conseguir un nivel de emisiones netas equivalente a cero hacia 2050”.

Por otra parte, el contenido calorífico de los océanos se encuentra actualmente en un nivel sin precedentes y el nivel medio del mar a escala mundial sigue aumentando. En el reporte anual de la OMM, también se afirma que, en 2018, el nivel medio del mar a escala mundial fue aproximadamente 3.7 mm más alto que en 2017, un valor que marcó un nuevo récord. En el período de enero de 1993 a diciembre de 2018, la velocidad media de subida del nivel del mar fue de 3.15 mm por año, y la aceleración estimada de 0.1 mm por año. La pérdida acelerada de masa de los mantos de hielo es la principal causa del incremento en el ritmo de elevación del nivel medio del mar a escala mundial. Por otro lado, la extensión del hielo marino en el Ártico y la Antártida se situó muy por debajo de la media.

Esta es la realidad climática actual de un mundo, aquejado de otros muchos males; un mundo con cientos de millones de personas sobreviviendo en condiciones infrahumanas mientras unos pocos dilapidan dinero y alienan el desarrollo basado en políticas consumistas y medioambientalmente agresivas. Fidel Castro Ruz, líder histórico de la Revolución cubana, señaló que “...el cambio climático es el peligro más inminente que en menos de un siglo puede hacer imposible la supervivencia de la especie humana”.

Ante tal realidad desproporcionada y poco esperanzadora, Cuba presenta su Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático; mostrando sus avances y su compromiso con el desarrollo sostenible del planeta. La importancia de este documento radica en

el nivel científico alcanzado por las evaluaciones realizadas y su utilidad práctica para la toma de decisiones, hoy expresadas claramente en el Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático; en la capacidad desarrollada para incorporar en este proceso a toda la sociedad; y en su espíritu solidario, con la fortaleza demostrada en la cooperación Sur-Sur.

La confección de esta nueva versión del documento se desarrolló bajo el amparo del proyecto internacional “Tercera Comunicación Nacional y Primer Informe Bienal a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático”, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), más conocido como GEF, en inglés; e implementado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Por la parte cubana, la supervisión y control de la marcha del proyecto corrió a cargo del Ministerio de Comercio Exterior y la Colaboración Extranjera (Mincex), como organismo a cargo de la colaboración internacional, junto con el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (Citma), en específico su Dirección de Relaciones Internacionales (DRI). De forma más directa, la Agencia del Medio Ambiente y el Instituto de Meteorología asumieron la coordinación de las actividades, con la participación de Cubaenergía; no solo limitadas a la elaboración del informe, sino que se orientaron también a la ampliación del conocimiento técnico y al impulso de la implementación de otras acciones nacionales claves en respuesta al cambio climático.

Como corresponde a las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención (NAI), la 3CN de Cuba se preparó bajo las Directrices de la Convención adoptadas por la Conferencia de las Partes en su octava sesión, mediante la decisión 17/CP.8 (CMNUCC, 2002). La aplicación del correspondiente Manual de Usuario (CMNUCC, 2004), que contiene una descripción detallada sobre los aspectos a reportar, fue esencial para garantizar el uso efectivo y eficiente de las Directrices al momento de confeccionar el informe. Se contó con la mejor información disponible actualmente en el país, de la forma más consistente, transparente y comparable posible, con la flexibilidad debida. Vale destacar también el acompañamiento del Programa de Apoyo a las Comunicaciones Nacionales de las Partes NAI (NCSN, en inglés) durante todo momento, con énfasis especial en las etapas de capacitación inicial y de revisión final de los resultados.

De valioso puede calificarse el apoyo brindado por los Organismos de la Administración Central del Estado en la preparación de esta Comunicación Nacional. Además de ofrecer sus instituciones, el personal calificado y la información requeridos para estudiar los impactos de este fenómeno global en

el país, así como comprometerse a implementar las correspondientes medidas para contrarrestarlo, el Estado cubano contribuyó sustancialmente con recursos materiales y monetarios. Más de diez proyectos con financiamiento nacional, adscritos a diferentes programas de investigación científica, acompañaron la ejecución del proyecto internacional, cuyo monto se estimó en más de un millón y medio de pesos cubanos.

En la elaboración de la 3CN participaron actores nacionales clave. Esta característica facilitará el uso práctico de sus resultados como herramienta útil para la toma de decisiones, con inclusión del cambio climático. El informe constituye el producto final de un largo proceso de síntesis, revisión y consulta a decisores de la esfera gubernamental, la comunidad académica, organizaciones no gubernamentales y sociales. Ha tenido lugar en medio de una coyuntura socioeconómica en evolución, marcada por importantes transformaciones en el país, refrendadas en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución Cubana, en implementación desde 2011 y actualizados en el 2016; y profundas transformaciones en el marco jurídico y las políticas públicas del país, incluyendo a la aprobación de una nueva Constitución de la República.

Dentro del nuevo informe, el peso de la componente relacionada con la adaptación al cambio climático vuelve a ser considerable, al ser Cuba una Parte NAI y un pequeño estado insular en vías de desarrollo. Se ha elevado el nivel de análisis de la mitigación, acompañada con la presentación también del Primer Informe Bienal de Actualización. Otros aspectos medulares, como la transferencia de tecnología, la comunicación y educación ambiental, la investigación científica, el fomento de capacidades y el trabajo en redes, tienen representación en la presente edición. Adicionalmente, se actualizó el sitio web www.cambioclimatico.cu.

El inventario de gases de efecto invernadero, elemento inicial y clave en toda la evaluación, se elaboró para la serie 1990-2016, con énfasis en el año 2016; siguiendo las Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático del 2006.

La 3CN incorporó además diversos resultados provenientes de proyectos nacionales e internacionales desarrollados en el país desde la entrega de la Segunda Comunicación Nacional, así como las opciones emanadas de ellos, los cuales han quedado debidamente señalados en los capítulos correspondientes.

Varios productos colaterales se obtuvieron en el marco de la 3CN, la mayoría de los cuales se han publicado en formato digital o en impresos. En ellos se profundiza en los aspectos técnicos de las evaluaciones realizadas.

Por otra parte, y promovido por la representación local del PNUD y la AMA, se establecieron y consolidaron sinergias con otros proyectos de corte medioambiental, a través de una Mesa de Coordinación de Proyectos Internacionales, bajo la coordinación de la Comunicación Nacional. Como rasgo característico de las Comunicaciones Nacionales en el país, se mantienen funcionando permanentemente los equipos técnicos por componentes, el empleo de metodologías nacionales o adaptadas al contexto específico, el incremento gradual de la atención a la mitigación como estrategia de respuesta, o la importancia creciente de otras informaciones de interés para la implementación de la Convención.

La formación y capacitación de recursos humanos en el contexto de la 3CN se ha ampliado respecto a las anteriores. Un curso denominado “Entendiendo el Cambio Climático” fue el fundamento de varias modalidades de acciones de capacitación en Cuba y en países de la región del Caribe; acompañado de la publicación de materiales didácticos. El proyecto ha constituido una excelente oportunidad para el fomento de nuevas capacidades y la mejora de las existentes. Basadas en el capital institucional y humano con que hoy cuenta el país, creado en lo esencial durante los últimos 50 años, estas acciones han sido fundamentales para garantizar la sostenibilidad de las actividades relacionadas con el cambio climático por más de 25 años. Tal proceder se vincula además con la colaboración con países desarrollados y en una activa cooperación Sur-Sur. A su vez, y como buena práctica, puede señalarse la interacción permanente con las agencias del sistema de las Naciones Unidas relacionadas con el tema, en especial con PNUD. En este contexto, la 3CN contribuye a impulsar el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, sobre todo de aquellos relativos a la educación, la seguridad alimentaria y nutricional, la preservación de la salud humana en su sentido más amplio, el enfoque de género, y el desarrollo socioeconómico.

Con la culminación de la Tercera Comunicación Nacional se cierra un ciclo iniciado en 2018. Tanto la preparación del informe como la salida del documento final no deben verse como momentos o esfuerzos aislados, ejecutados de forma independiente. Constituyen elementos clave en la articulación del Programa para el Enfrentamiento de la Sociedad Cubana al Cambio Climático, concebido en varios niveles y que involucra a múltiples participantes. Otros integrantes del programa son los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (PVR) para diferentes extremos climáticos, implementados hasta el nivel local; y el macroproyecto denominado “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana asociados

al ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100". Además, como plataforma científica cuenta con el Programa Científico-Técnico Nacional titulado El Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación; que responde a las líneas prioritarias establecidas para el desarrollo del país en los próximos años, con un elevado nivel de integración.

Los elementos aportados anteriormente ratifican la alta prioridad, la sensibilidad y el compromiso que han caracterizado al Estado cubano al abordar la problemática del cambio climático, donde la voluntad política para enfrentarlo en todas sus aristas es manifiesta y está salvaguardada bajo cualquier circunstancia. La Tercera Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático es una muestra fehaciente de ello.

CAPÍTULO 1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

1.1 Introducción

En el Manual del Usuario para las Directrices sobre Comunicaciones Nacionales de las Partes no-Anexo I de la CMNUCC (UNFCCC, 2004), se enuncia que el capítulo de Circunstancias Nacionales debe constituir “*una oportunidad para detallar las prioridades, los objetivos y las circunstancias del desarrollo nacional o, de ser pertinente, regional, que servirán de base para hacer frente a aspectos relacionados con el cambio climático*” en las naciones implicadas. Como se establece en el manual, “*la información suministrada sobre circunstancias nacionales es crítica para entender la vulnerabilidad de un país, su capacidad y sus opciones para adaptarse a los efectos adversos del cambio climático, así como sus opciones para manejar sus emisiones de gases de efecto invernadero dentro del amplio contexto del desarrollo sostenible*”.

En el período que media entre la Segunda y la Tercera Comunicaciones Nacionales de la República de Cuba a la CMNUCC, mucho ha cambiado el país en lo económico y lo social. En ese plazo fueron desplegadas acciones concretas que interesan la esfera medioambiental y fortalecen la prioridad fundacional que el Estado cubano concede a la protección del medio ambiente y el uso sostenible de sus recursos naturales. Baste mencionar que, en las estrategias y políticas cubanas, el enfrentamiento del cambio climático alcanzó un nivel superlativo, con una categoría de Plan de Estado priorizado. En consecuencia, el capítulo procura ilustrar el contexto actual, los avances y desafíos de la nación en tal orden, con el objetivo de entender y respaldar los niveles de respuesta frente a este reto global por parte del Estado y el Gobierno cubanos, de la sociedad civil y las comunidades, con arreglo a la realidad nacional.

La información ofrecida se articula con aspectos tratados en los demás componentes del informe, prestando especial cuidado a la actualidad y representatividad de los datos ofrecidos sobre la situación nacional y las prioridades del desarrollo. El cierre informativo corresponde al año 2017, aunque en algunos casos se presenta información más reciente. Así, resultará de interés para los decisores, al momento de evaluar el impacto de las políticas

adoptadas en los diferentes sectores, en consonancia con un clima cambiante. Ante todo, se trata de contribuir al crecimiento económico, preservando el medioambiente, en un marco de equidad social, dentro del carácter humanista que define al proceso revolucionario cubano, en el propósito de elevar el nivel y la calidad de vida de la sociedad.

Siempre que fue posible, la información se presenta desagregada por género y grupos etarios, en reconocimiento a la necesidad de considerar la respuesta diferenciada al cambio climático de hombres y mujeres; y de personas mayores, adultos, adolescentes e infantes.

1.2 Caracterización físico-geográfica

La República de Cuba se localiza en el llamado Mediterráneo Americano, entre los $19^{\circ} 49'$ y $23^{\circ} 16'$ de latitud norte y los $74^{\circ} 08'$ y $84^{\circ} 57'$ de longitud oeste (Figura 1.1). Limita al norte con el Estrecho de la Florida y los canales de San Nicolás y Viejo de Bahamas; al sur con el Mar Caribe y el Estrecho de Colón; con el Estrecho de Yucatán por el oeste; y con el Paso de los Vientos al este.



Figura 1.1 Ubicación geográfica del archipiélago cubano. *Fuente:* IGT, 2019

El territorio nacional es un archipiélago formado por la isla de Cuba, la Isla de la Juventud y numerosos islotes y cayos. La superficie total alcanza $109\,884\text{ km}^2$, y es el Estado más extenso del Caribe insular (Cuadro 1.1). Sus costas son muy irregulares y se extienden por 6073 km, donde se localizan más de 280 playas. (ONEI, 2019a).

Cuadro 1.1 Superficie de la República de Cuba

Concepto	Área (km ²)
Isla de Cuba	104 338.33
Isla de la Juventud	2 419.27
Cayos e islotes	3 126.41
Archipiélago cubano	109 884.01

Fuente: ONEI, 2019a.

Desde el punto de vista político-administrativo, la República de Cuba se divide en 15 provincias y 168 municipios, incluyendo al Municipio Especial Isla de la Juventud (ONEI, 2019a). Atendiendo a las características geoeconómicas, se definen tres regiones: Occidente, Centro y Oriente.

1.2.1 Geología

La constitución geológica está integrada por dos niveles principales: el substrato plegado y el neoautóctono. El substrato plegado está formado por rocas deformadas y metamorfizadas, cuya antigüedad se remonta del jurásico inferior-medio al eoceno superior, aunque hay pequeños afloramientos del neo-proterozoico. El neoautóctono está representado por varias generaciones de cuencas sedimentarias, desarrolladas sobre un substrato plegado, que cubre las estructuras anteriores.

Las rocas de Cuba son de naturaleza variada, tanto por su composición, profundidad de yacencia y edad. Predominan en superficie las rocas sedimentarias, en segundo lugar, las ígneas y en menor grado las metamórficas. En los fondos marinos de la plataforma insular también hay rocas sedimentarias cerca de la superficie.

El tipo de rocas y su distribución espacial cobran gran importancia en el análisis del impacto del cambio climático y para la adopción de medidas de mitigación y adaptación. Más del 80 % de la geografía nacional está constituida por rocas de origen sedimentario, donde proliferan procesos y relieves cárnicos que están relacionados con la hidrología del país y el manejo de los recursos hídricos, así como con otras actividades asociadas a la seguridad de las inversiones. En estas áreas se ubican potentes acuíferos de régimen abierto, que sufren el impacto del ascenso del nivel del mar; provocando que el incremento de la intrusión salina sea uno de los problemas principales asociados al cambio climático. Por otra parte, relacionadas también con las rocas sedimentarias y

de otro origen, existen áreas con presencia de petróleo y gas natural, cuya extracción guarda relación con el impacto del cambio climático.

1.2.2 Relieve

El relieve se destaca por la existencia de extensas llanuras y sistemas de alturas y montañas que se concentran en zonas específicas de la geografía nacional y que desempeñan un papel fundamental en las características climáticas del país:

Las llanuras se extienden por 90 290 km², representando 82 % de la superficie total emergida. En las zonas costeras más bajas, principalmente en la vertiente sur, se encuentran importantes humedales, destacándose la Ciénaga de Zapata, el mayor y el mejor conservado en la Región del Caribe.

Existen cuatro sistemas montañosos que ocupan 19 594 km², equivalentes al 18 % del área total del país: la Cordillera de Guaniguanico, en el occidente; el Macizo de Guamuhaya en el centro; y el Macizo Nipe-Sagua-Baracoa y la Sierra Maestra, ambos en el oriente (Figura 1.2). En este último sistema se localiza la mayor altura del territorio nacional, el Pico Real del Turquino, con 1974 m sobre el nivel medio del mar. (SCN, 2015).



Figura 1.2 Mapa hipsométrico de Cuba. Fuente: IGT, 2019.

1.2.3 Clima

El clima se define como tropical, estacionalmente húmedo, con influencia marítima y rasgos de semi-continentalidad (Iñiguez y Mateo, 1980). Predomina el tipo Aw de la clasificación de Koppen-Geiger. (Kottek *et al.*, 2006).

Como factores determinantes del clima en Cuba, Lecha *et al.* (1994) identificaron el régimen de radiación solar, la circulación atmosférica y las características de la superficie subyacente. En su comportamiento temporal se distinguen dos períodos. (Figura 1.3):

Período lluvioso: se extiende de mayo a octubre. Se caracteriza por la influencia del Anticiclón del Atlántico Norte, con pocas variaciones del tiempo. Los cambios más importantes se deben a disturbios en la circulación tropical (ondas del este y ciclones tropicales). En estos meses las temperaturas son generalmente más altas.

Período poco lluvioso: comprende de noviembre a abril. Las variaciones del tiempo resultan más notables, con cambios bruscos asociados al paso de sistemas frontales, a la influencia anticiclónica de origen continental y a centros de bajas presiones extratropicales. Es una época menos calurosa y sus características se aprecian más en la mitad occidental del país.

La temperatura media anual del aire varía desde 26 °C en las llanuras hasta 24 °C; aunque localmente, en las costas y montañas de la región central y oriental, pueden ser mayores y menores, respectivamente. Los registros de la temperatura máxima media fluctúan entre 27 °C y 32 °C, y la temperatura mínima media entre los 17 °C y 23 °C (Insmet, 2018). La temperatura máxima absoluta reportada en Cuba es de 39.7 °C, y ocurrió en la localidad de Veguitas, en la provincia de Granma, el 12 de abril de 2020 (Insmet, 2020). Por su parte, la temperatura mínima más baja registrada en el país es de 0.6 °C, en la localidad de Bainoa, provincia de Mayabeque, el 18 de febrero de 1996 (ONEI, 2019b). Como es usual en la zona tropical, la oscilación térmica diaria es mayor que la anual.

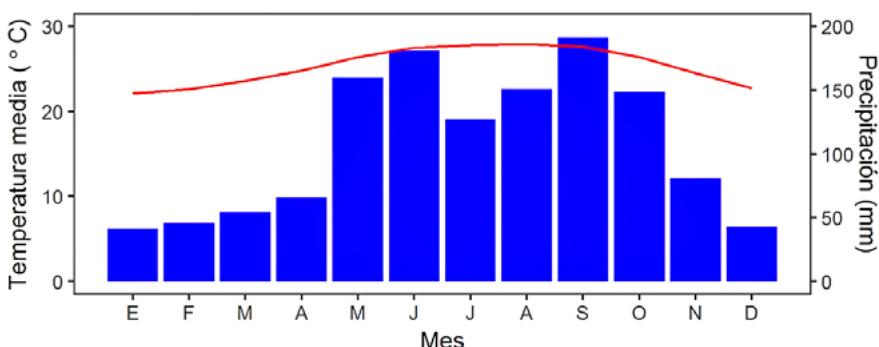


Figura 1.3 Variación estacional de la temperatura y la precipitación. Período 1981-2010.
Fuente: Base de Datos Climáticos del Centro del Clima, INSMET

La precipitación promedio anual es de 1335 mm, de los que 1003 mm se registran entre mayo y octubre, y 332 mm de noviembre a abril (INRH, 2016). La distribución espacial de las lluvias se observa en la figura 1.4. Los acumulados más notables ocurren en las zonas montañosas. Desde el punto de vista de los fenómenos meteorológicos generadores, los ciclones tropicales, las tormentas de verano y los frentes fríos combinados con situaciones de mesoescala, son responsables de grandes precipitaciones (> 100 mm), las que tienen un peso significativo en la lámina anual de lluvia y su distribución espacial.

Los ciclones tropicales y las tormentas locales severas son los fenómenos meteorológicos a los que se asocia uno de los mayores peligros de desastres, y son responsables de algunos de los extremos climáticos observados, sobre todo de precipitaciones intensas y grandes precipitaciones. La temporada ciclónica transcurre del 1 de junio al 30 de noviembre, y en ella, el bimestre septiembre-octubre es el de mayor cantidad de huracanes intensos.

En los últimos años se han observado cambios importantes en el clima de Cuba, que vienen influyendo en las características hasta aquí descritas. Las mayores evidencias comprobadas son el incremento de la temperatura media anual, condicionado por el aumento de la temperatura mínima; la disminución de la nubosidad; sequías más intensas y prolongadas, si bien menos frecuentes; incremento de las precipitaciones mayores de 50 mm; y una mayor influencia anticiclónica. Estas son solo algunas de las principales variaciones, que serán tratadas con mayor profundidad en el capítulo 3 sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

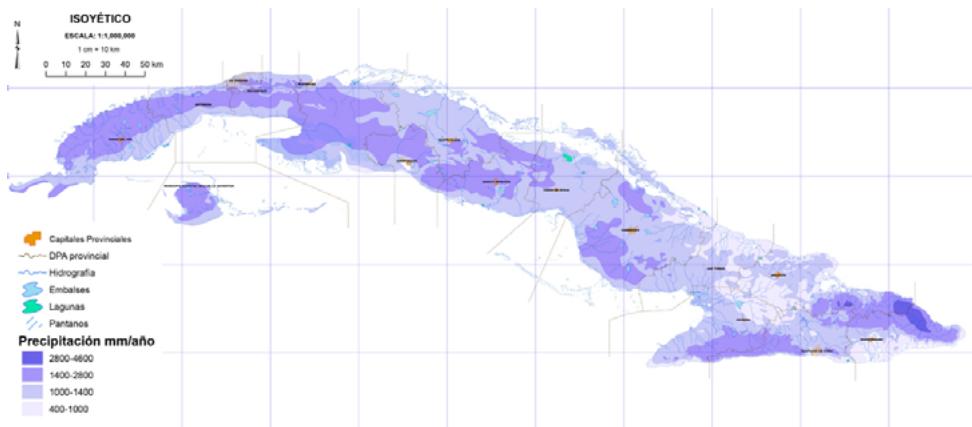


Figura 1.4 Precipitación media anual de Cuba. Fuente: IGT, 2019.

1.2.4 Suelo

Los suelos constituyen la base principal de la producción agropecuaria, así como el sustento de la diversidad biológica. Sin embargo, han sufrido un largo proceso de degradación y resulta uno de los principales problemas identificados en la Estrategia Ambiental Nacional. Existe gran diversidad de suelos; por su génesis se clasifican en 10 agrupamientos (Fig. 1.5) y en 2018 ocuparon un total de 8709.3 miles de hectáreas. (ONEI, 2019b).

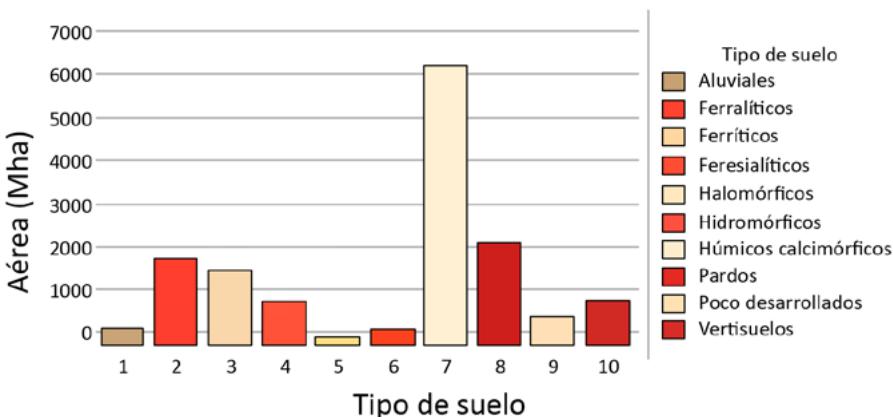


Figura 1.5 Clasificación de los suelos en Cuba y áreas que ocupan. Fuente: ONEI, 2019b.

1.2.5 Hidrología

El régimen hidrológico del país depende del comportamiento de la precipitación, combinado con las características geólogo-geomorfológicas de las cuencas fluviales, de los ríos y los acuíferos. En ello también influye la forma alargada y estrecha del archipiélago cubano y su disposición latitudinal. El 82 % de las cuencas cubanas ocupan áreas inferiores a 200 km^2 y la extensión de los cursos fluviales principales es menor que 100 km. Desde el punto de vista del manejo, en el país están definidas cuencas de interés nacional, provincial y de otro interés. (Figura 1.6).

El río más extenso de Cuba es el Cauto, con 343 km de longitud y el más caudaloso es el Toa, con 978 Hm^3 anuales, ambos en la región oriental del país. Como ya se expuso antes, dada la amplia extensión del carso, existen potentes acuíferos abiertos al mar, que se extienden principalmente en las regiones central y occidental del país. (ONEI, 2019a).

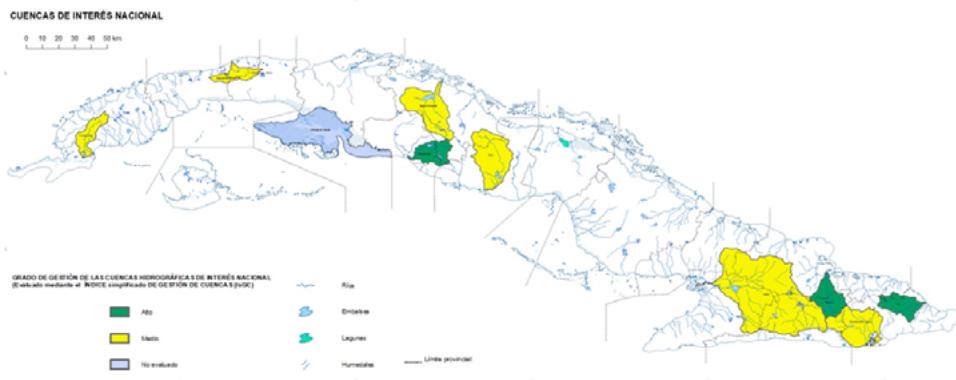


Figura 1.6 Principales cuencas hidrográficas de Cuba. Fuente: IGT, 2019.

1.2.6 Diversidad biológica

La condición de insularidad, las variaciones locales del clima, el suelo, relieve e hidrología, determinan la diversidad de tipos de formaciones vegetales y ecorregiones presentes en el archipiélago cubano. En Cuba se han descrito 34 formaciones vegetales naturales que, de manera general, pueden agruparse en bosques, matorrales, vegetación herbácea, complejos de vegetación y vegetación secundaria. (Capote y Berazaín, 1984).

En el país habita el mayor número de especies vegetales de las Antillas. Los taxónomos reportan la existencia de 8657 especies conocidas de la flora, mientras que en la fauna se registran 19 164 especies conocidas, de las cuales 1857 son vertebrados. Considerado uno de los 35 puntos calientes (hotspot) de diversidad biológica del planeta, el archipiélago cubano presenta un alto nivel de endemismo, favorecido por el clima, la diversidad de hábitats, la evolución geológica y el aislamiento geográfico propio de sus características insulares. Se reporta un total de 9095 especies endémicas de la flora y fauna. (ONEI, 2019b).

La pérdida de hábitats naturales ha provocado la extinción y el deterioro de muchas poblaciones. De 4287 taxones de flora evaluados, 2970 presentan algún nivel de peligro de extinción; y en el reino animal, de 870 taxones de vertebrados evaluados, existen 828 con algún nivel de peligro. (ONEI, 2019b).

En el país, las áreas protegidas continúan siendo el eslabón principal de la conservación de los valores más importantes de la diversidad biológica. El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) posee 211 áreas distribuidas

en todo el archipiélago (Figura 1.7). De estas, 103 han sido aprobadas por acuerdos del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, y otras 16 están en proceso; el resto de las áreas poseen aprobación a nivel territorial, mediante acuerdos legitimados por el Consejo de la Administración Provincial, en cada una de las provincias del país.

Las áreas del patrimonio forestal nacional están agrupadas en siete categorías de bosques: productores, protectores de las aguas y los suelos, protectores del litoral, de manejo especial, para la protección y conservación de la fauna, recreativos y científicos. (SCN, 2015).

La cobertura de bosques experimentó un crecimiento notable en el período 1990-2016 (Figura 1.8); incrementando el porcentaje de área boscosa a nivel nacional de 18.7 % en 1990 a 31 % en el año 2016. En 2018 alcanzó 31.5 %, lo que representa 3 269 490 ha (ONEI, 2019b). Tal crecimiento significó una incorporación promedio a la superficie boscosa del país de 30 000 ha cada año. Este aumento, y en general los niveles de cobertura boscosa alcanzados, hacen que, en esta categoría de fuente, las remociones de CO₂ superen notablemente a las emisiones evaluadas entre 1990-2016. (Figura 1.9).



Figura 1.7 Sistema Nacional de Áreas Protegidas, por categorías de manejo. Fuente: Base de Datos del SNAP

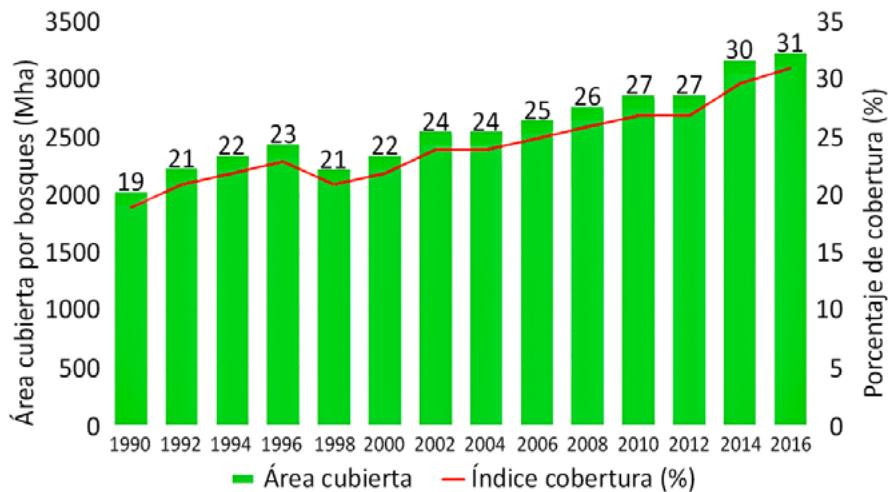


Figura 1.8 Área cubierta de bosques (Mha) y porcentaje de cobertura. Fuente: Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestre. Minag, 2016.

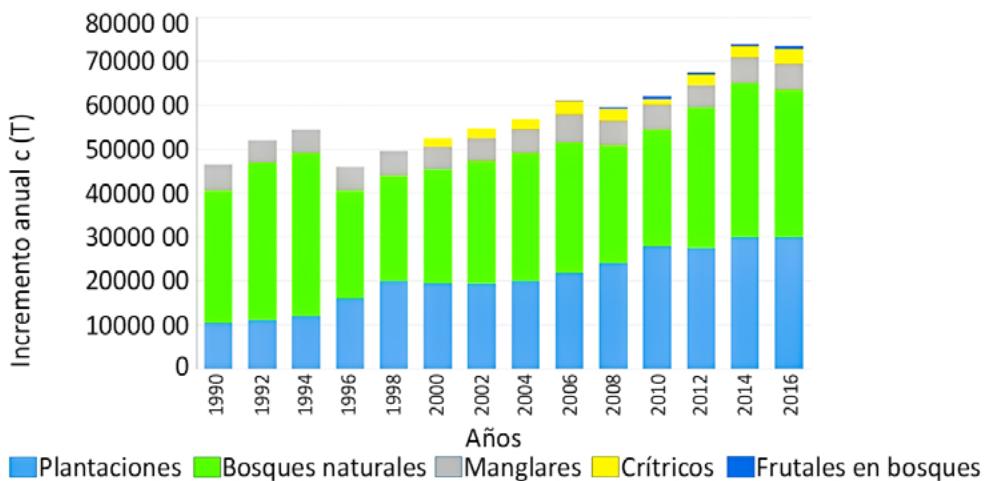


Figura 1.9 Incremento anual de captación de carbono (kt C/año). Fuente: Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestre. Minag, 2016.

1.3 Población, salud y educación

1.3.1 Población

La población de Cuba llegó a 11 209 628 habitantes en el año 2018; de ellos, 50.3 % eran mujeres. La densidad promedio de población es de 102 hab/km², variando

entre 49.9 hab/km² en la provincia de Camagüey, hasta 2926.9 hab/km², en la provincia de La Habana. (ONEI, 2019c).

La estructura por edades evidencia el gradual envejecimiento de la población. Las personas mayores de 60 años representaron 20.4 % de la población en 2018; de ellas, 53 % son mujeres. Por tal motivo, Cuba se ubica entre los países más envejecidos de América Latina y el Caribe, proceso que continuará agudizándose con el discurrir del tiempo (Figura 1.10). Esto se debe fundamentalmente al descenso de la fecundidad por debajo del nivel de reemplazo poblacional, lo que viene ocurriendo desde el año 1978. Al cierre del 2018, la Tasa Global de Fecundidad fue de 1.65 hijos por mujer. También incidió, aunque en menor medida, la eficiencia de los servicios de salud y el mejoramiento en las condiciones de vida, que incrementó la esperanza de vida a 78.5 años (ONEI, 2019d). La estructura de la distribución por edades en el país ha cambiado de una pirámide clásica a una propia de países envejecidos. (Figura 1.11).

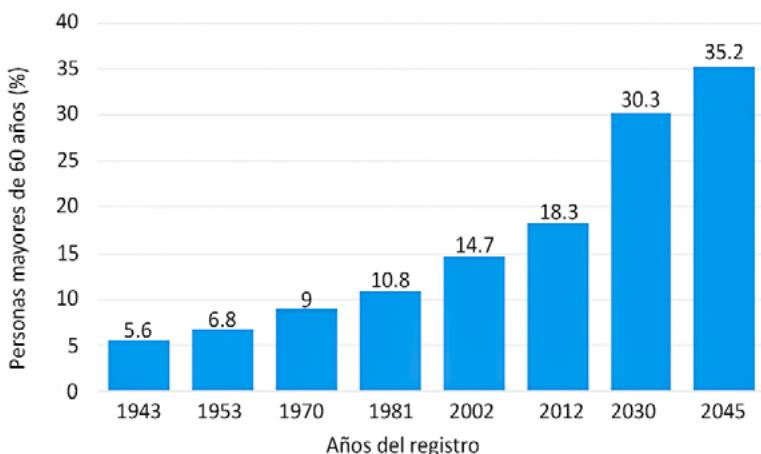


Figura 1.10 Envejecimiento de la población en Cuba y sus proyecciones. Fuente: ONEI, 2019d.

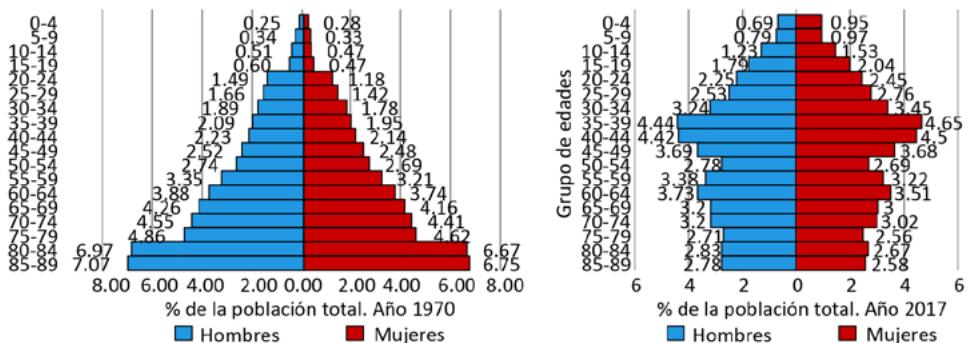


Figura 1.11 Pirámides de edades. Años 1970 y 2017. Fuente: elaborado a partir de información disponible en la ONEI.

Esta situación constituye un reto para la sociedad cubana. Por un lado, se debe atender las necesidades de la población envejecida, en cuanto a los servicios de salud y de la seguridad social. Por el otro, deberán elaborarse las políticas y programas necesarios para garantizar el desarrollo del país en las condiciones de reducción de la población en edades laborales, desafío que deberá afrontarse en un futuro cercano.

1.3.2 Las migraciones en Cuba

El comportamiento de las migraciones ha variado a lo largo del tiempo, según han cambiado las condiciones que en cada momento han sido motivación para ello. Lo mismo sucede con los movimientos dentro del país. La figura 1.12 muestra la influencia de las migraciones internas, externas y el balance total de estas para cada provincia cubana.

La causa fundamental de las migraciones internas es la búsqueda de mejores empleos y prestaciones sociales. Por mucho tiempo, La Habana fue el principal destino de estos movimientos, ya que en ella se concentraban las principales inversiones y facilidades de todo tipo. Desde 1959 se trabaja para que el desarrollo socioeconómico del país mejore las condiciones de vida en las provincias con sus municipios, con lo cual aparecieron otros destinos de interés en las capitales provinciales y en muchas cabeceras municipales. (Tabla 1.1).

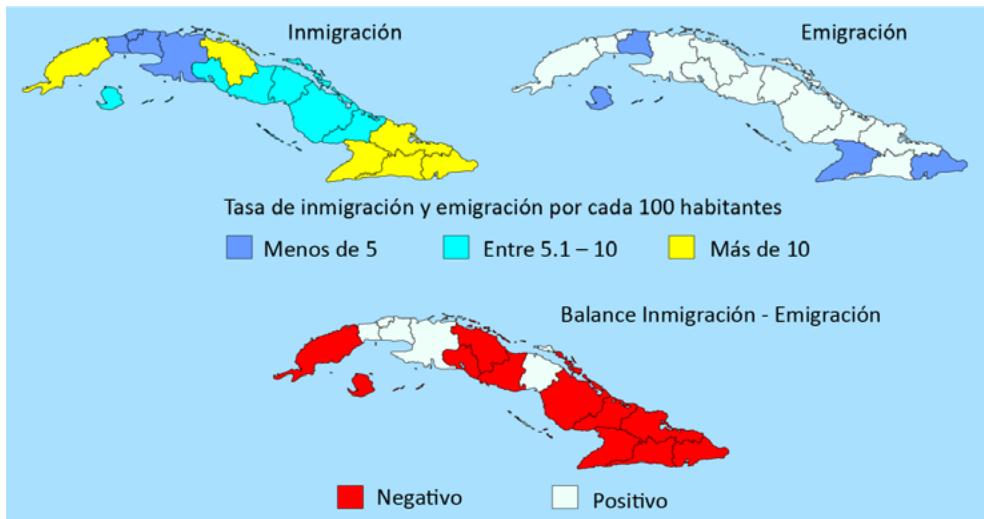


Figura 1.12 Tasas provinciales de saldo migratorio 2014-2018. Fuente: ONEI, 2019.

Tabla 1.1 Migraciones internas municipales. Cantidad de municipios

Categoría municipio	Períodos							
	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015
Alto emisor	15	39	31	22	17	5	13	14
Medio emisor	29	29	34	22	31	46	41	36
Equilibrio	94	70	80	94	88	97	86	97
Medio receptor	19	16	13	16	26	12	18	15
Alto receptor	12	15	11	15	7	9	11	6

Fuente: Boquet, 2012 y Bases de datos migraciones internas y población municipal 2011 a 2015 de la ONEI.

1.3.3 Asentamientos humanos y distribución de la población

El Sistema de Asentamientos Humanos (SAH) está conformado por 7014 asentamientos, de los cuales 597 son urbanos y 6417 rurales. La población por asentamientos ha crecido, como resultado del desarrollo alcanzado con la implementación de una política de desarrollo general del país. Es significativo que solo el estrato de caseríos ha reducido su población; y que la categoría de poblados es el de menor crecimiento. Se constata que las preferencias han

sido para los estratos urbanos, aunque los asentamientos con condiciones más favorables crecen y cambian de clasificación. (Figuras. 1.13 y 1.14).

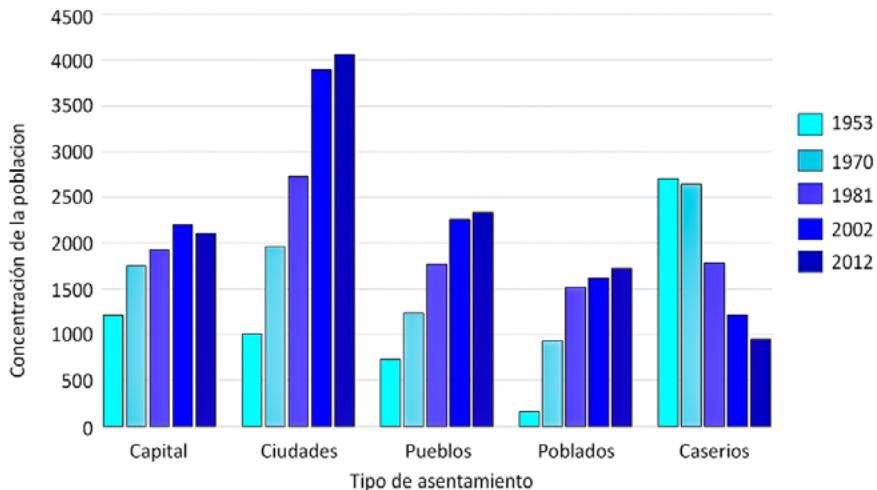


Figura 1.13 Dinámica del proceso de concentración de la población. Fuente: Elaborado a partir de la información disponible en la ONEI sobre censos de Población y Vivienda de Cuba de 1953, 1970, 1981, 2002 y 2012.

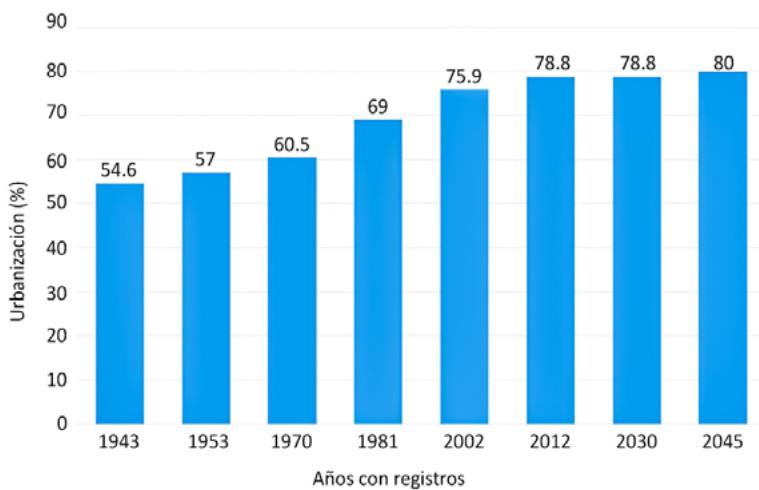


Figura 1.14 Urbanización en Cuba y sus proyecciones. Fuente: Elaborado a partir de la información disponible en la ONEI sobre censos de Población y Vivienda de Cuba de 1953, 1970, 1981, 2002 y 2012.

Espacialmente, la población no es homogénea, depende de condiciones físico geográficas y socioeconómicas. Los caseríos son más frecuentes en las zonas de relieve abrupto, cerca de las costas y en territorios donde la actividad económica los favorece, por ejemplo, en las áreas de producción tabacalera. La distribución de la población por asentamientos de diferente tamaño se muestra en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Distribución de tipo de poblaciones municipales. Cantidad de municipios. Período 1970-2012

Tipo	1970	1981	2002	2012
Aglomerado	21	22	24	22
Concentrado	22	34	49	62
Compensado	12	36	45	33
Difuso	14	35	29	33
Disperso	85	27	7	3
Total	154	154	154	153 ⁶

Fuente: ONEI, compilación de censos 1970, 1981, 2002 y 2012.

1.3.4 Salud

El Sistema Nacional de Salud (SNS) ha venido realizando importantes reformas desde los años 60 del pasado siglo. Este sector mantiene un desarrollo permanente, que comenzó con la creación del Servicio Médico Rural y de Áreas de Salud en los asentamientos urbanos. Los servicios de salud son gratuitos y accesibles para toda la población cubana.

Al cierre de 2018, el SNS contaba con 485 479 trabajadores, que representan el 6.7 % de la población cubana en edad laboral; 71.1 % eran mujeres. La tasa por habitantes fue de 484.8 médicos por 10 000 habitantes y la de estomatólogos de 16.8. Existen 150 hospitales, el 20 % tiene 400 o más camas, 62.7 % entre 100 y 399 camas y 17.3 % con menos de 100 camas. En la figura 1.15 se muestra la cantidad de unidades de salud del país, representadas por categorías.

⁶ Con la nueva división política administrativa, Varadero dejó de ser municipio.

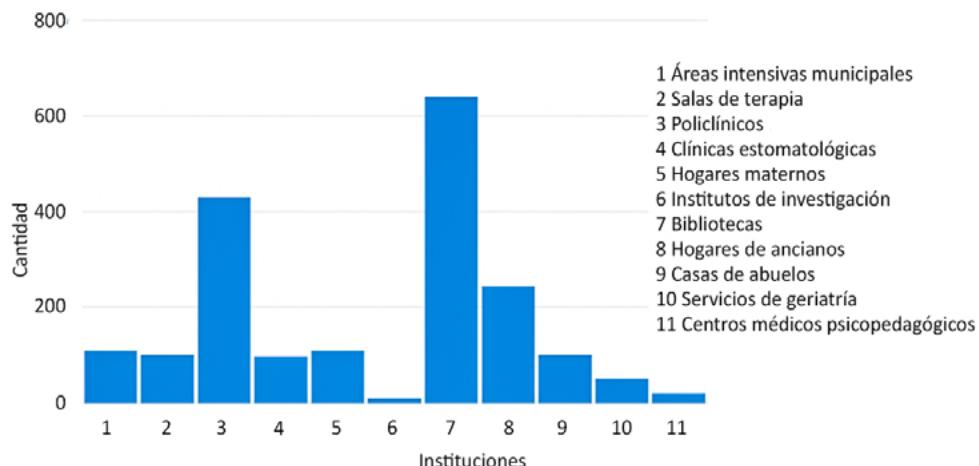


Fig. 1.15 Unidades de salud según tipo en el SNS en Cuba en 2018. Fuente: Minsap, 2019.

Los indicadores demuestran la eficiencia y calidad logradas en el servicio de salud: la tasa de mortalidad disminuyó, registrándose 9.4 defunciones por cada 1000 habitantes; la tasa de mortalidad infantil continúa por 11 años consecutivos inferior a cinco por cada mil nacidos vivos. (Minsap, 2019).

1.3.5 Educación

El Estado cubano garantiza el libre acceso a la educación para todas las personas, a través del Sistema Nacional de Educación (SNE). Este sistema está concebido como un conjunto articulado de niveles educativos y tipos de enseñanzas, presente en todo el país, que garantiza el flujo de los estudiantes y la continuidad de los estudios de uno a otro nivel. Se caracteriza por su unidad y diversidad; la centralización y descentralización; y la masividad y calidad de los servicios educativos. En lo anterior se incluye la educación de posgrado y programas de maestría y doctorado. Entre sus principios se encuentran el acceso de todos los ciudadanos a la educación; la combinación del estudio con el trabajo; la enseñanza gratuita y universal; y su carácter laico para todos los tipos y niveles de enseñanza.

El perfeccionamiento del SNE funciona permanentemente, con el objetivo de mantener la actualización de planes, programas, orientaciones metodológicas y libros de texto, en correspondencia con los adelantos científico-técnicos contemporáneos. En todos los componentes del sistema se incorpora una visión sistémica e integrada de la gestión y la educación ambiental para el de-

sarrollo sostenible, incluyendo el cambio climático. Es importante mencionar que los resultados obtenidos en la Segunda Comunicación Nacional (SCN, 2015) fueron utilizados para la actualización del sistema de conocimientos en los niveles de enseñanza primaria, secundaria, técnico-profesional y terciaria. En la figura 1.16 y la tabla 1.3 se muestra la evolución de la matrícula inicial, la cantidad de centros y la cantidad de docentes por nivel de enseñanza en Cuba.

La educación terciaria en Cuba se caracteriza por la formación continua en y para el empleo con visión de adaptación y mitigación del cambio climático, de ahí que la inclusión de estos temas en todos los programas y modalidades de estudio represente un crecimiento exponencial por año, en correspondencia con las demandas del desarrollo económico y social del país al 2030.

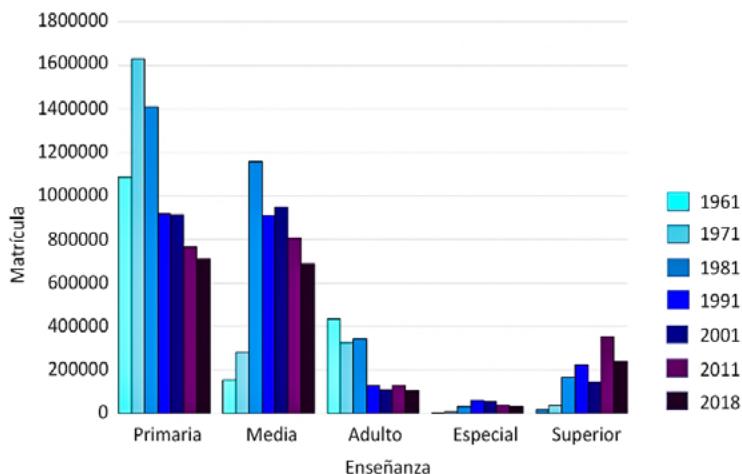


Figura 1.16 Matrícula inicial por enseñanzas en Cuba. *Fuente: Elaborado a partir de información disponible en la ONEI sobre la Educación en Cuba.*

1.4 Ordenamiento territorial y urbanístico

Un Sistema de Planificación Física (SPF) es responsable del ordenamiento territorial: uso del suelo (rural y urbano); organización del SAH; estructuración espacial de las ciudades; coordinación de la localización de inversiones. Asimismo, este sistema formula políticas territoriales y urbanísticas, dirigidas a preservar valores patrimoniales, naturales, económicos y sociales. Para ello emplea instrumentos de gestión y control territorial, que garantizan la asimilación racional y sostenible del espacio, ofreciendo soluciones para reducir vulnerabilidades y lograr la adaptación al cambio climático.

1.5 Desarrollo local

El perfeccionamiento del modelo social y económico del país es un proceso continuo, que propicia el desarrollo local para alcanzar el bienestar de la población y la satisfacción de sus necesidades. Para ello concilia los intereses locales con el desarrollo socioeconómico a escala nacional, siguiendo políticas y normativas de carácter general, definidas por los organismos rectores globales y sectoriales. Aprovecha la autogestión municipal, como complemento del desarrollo de aquellas actividades localizadas en el territorio y compulsa un proceso de descentralización, para que el desarrollo local adquiera una mayor relevancia.

Existe una Estrategia de Desarrollo Municipal (EDM), compatibilizada con el Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano. El trabajo que se realiza favorece las relaciones horizontales, a través de la articulación de todos los actores y sectores de la localidad, y el uso más efectivo de los recursos disponibles. Esta concepción favorece los encadenamientos productivos con visión de sostenibilidad e incorpora en ellos, el uso de las fuentes renovables de energía; la gestión integral de residuos; la calidad y uso racional del agua; la reforestación; las producciones agroecológicas; la conservación de los suelos; el ordenamiento, protección y rehabilitación de ecosistemas frágiles; la prevención y reducción de la contaminación; el mejoramiento ambiental y la creación y fortalecimiento de los Centros de Gestión para la Reducción del Riesgo de Desastres (CGRRD). En el sistema de comunicación municipal, y en los diferentes niveles de educación formal, no formal e informal, se despliegan acciones de divulgación, sensibilización y educación ambiental, relacionadas con el cambio climático.

Tabla 1.3 Dinámica del Sistema Nacional de Educación

Indicador	Año	Tipos de enseñanza				
		Primaria	Media	Adultos	Especial	Superior
Cantidad de centros	1961	12 843	346	2919	18	3
	1971	15 369	876	16 309	130	4
	1981	11 773	1115	1339	314	32
	1991	9346	980	525	528	35
	2001	9358	1010	337	436	63
	2011	7053	1788	402	371	58
	2018	6908	1735	429	342	40

Cantidad de docentes	1961	33 828	8680	2722	140	992
	1971	65 189	22 372	24 490	1464	4484
	1981	83 113	91 960	23 123	7116	12 068
	1991	74 354	96 828	8881	16 879	24 914
	2001	83 119	83 140	5699	14 481	22 046
	2011	110 666	102 147	6858	15 839	81 189
	2018	101 503	77 447	4166	13 877	64 944

Fuente: Elaborado a partir de la información disponible en la ONEI sobre la Educación en Cuba.

1.6 Principales peligros de origen natural, tecnológico y sanitario

En la Segunda Comunicación Nacional (SCN, 2015) se afirmó que “los eventos severos en localidades y épocas atípicas se percibían hasta ahora como parte de la variabilidad climática” y que “las proyecciones del clima futuro indican que estos mismos fenómenos pueden incrementarse en intensidad y frecuencia, debido al aumento de las concentraciones de GEI y los cambios en los procesos naturales a ellas asociados”. La frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos, y su ocurrencia en fechas no habituales, aumentan y es una característica de la variabilidad climática actual.

Desde 1963, como una enseñanza aprendida con el desastre provocado por el ciclón Flora, ocurrido apenas tres años del establecimiento del gobierno revolucionario, se estableció un Sistema de Defensa Civil (SDC), sustentado en la creación y desarrollo de una infraestructura social y económica que incluyó, desde el inicio, la concepción de gestión del riesgo de desastre. Este sistema se ha ido perfeccionando de manera sistemática y continua, basado en la importancia del análisis de las experiencias ante el impacto de eventos extremos. Como parte de ello, se han fortalecido las instituciones vinculadas con la gestión del riesgo de desastres y sus sistemas de trabajo, así como la instrumentación de acciones para reducir las vulnerabilidades identificadas, en la medida que el desarrollo económico del país lo ha posibilitado. El modelo de gestión del riesgo de desastres de Cuba cuenta con un alto reconocimiento internacional dada su actuación preventiva, la capacidad de respuesta y recuperación rápida del país o territorio afectado, por su efectividad y esencia humanitaria.

En las condiciones actuales, los peligros de origen natural, tecnológico y sanitario pueden aumentar en intensidad y frecuencia, incrementándose por tanto el riesgo de desastres. Sin embargo, se ha fortalecido el SDC, mejoran-

do e integrando más los sistemas de vigilancia y alerta temprana, estudiando sistemáticamente los peligros y los cambios que en ellos se observan y perfeccionando e institucionalizando la gestión del riesgo de desastres.

La Agencia de Medio Ambiente, perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, es la encargada de organizar, dirigir y ejecutar las actividades relacionadas con la realización de los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo de desastres en los territorios y entidades, así como la evaluación del impacto y daños ambiental resultante. Para ello hace uso de los grupos multidisciplinarios creados con ese fin y del potencial científico del país, en coordinación con el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (EMNDC), cumplimentando la Directiva del presidente del Consejo de Defensa Nacional, referida a la Gestión de la Reducción del Riesgo de Desastres en la República de Cuba. Como resultado, los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo se han establecido como una herramienta que facilita la identificación de medidas y la toma de decisiones en el ámbito de la reducción del riesgo de desastres y de las vulnerabilidades, como punto de partida para la adaptación en el corto plazo.

1.6.1 De origen natural

Peligros hidrometeorológicos⁷

Fuertes vientos: son generados principalmente por ciclones tropicales. Estos fenómenos pueden alcanzar categoría de huracán; y azotan al país con una frecuencia alta desde junio hasta noviembre. Con menor incidencia que los organismos ciclónicos tropicales, también los sistemas frontales y las tormentas locales severas (TLS) ocasionan fuertes vientos; los primeros en el período invernal y las segundas principalmente entre los meses de marzo y septiembre.

El peligro por fuertes vientos se clasifica de alto y muy alto en las provincias de Pinar del Río, Artemisa, La Habana, Mayabeque, Matanzas, Villa Clara, Cienfuegos y el Municipio Especial Isla de la Juventud; de moderado en Sancti Spíritus, Ciego de Ávila, Camagüey, Granma y Santiago de Cuba; y bajo en Las Tunas, Holguín y Guantánamo.

⁷ La denominación de los peligros de origen hidrometeorológico se hace bajo la nomenclatura establecida por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. (IPCC en inglés).

Precipitaciones intensas y grandes precipitaciones: pueden ocurrir en cualquier época del año, pero son más frecuentes en el verano. Son causadas por fenómenos meteorológicos tropicales y por otros sistemas de la interacción trópico-latitudes medias. Los impactos más nocivos resultantes de estos fenómenos son las inundaciones fluviales que se producen en zonas urbanas y áreas de cultivos del llano. Han sido estudiadas detalladamente en Cuba. El número de registros de precipitaciones mayores de 100 mm es elevado, como se observa en la tabla 1.4. (Planos, 2012).

Inundaciones fluviales: es un fenómeno que tiene su origen en causas naturales y tecnológicas. Las primeras debidas a la intensidad y cantidad de las precipitaciones, relacionadas con el grado de humedad antecedente en los suelos y la morfometría de los cauces; también son consecuencia de la retención de la salida del agua fluvial ante el ascenso del nivel del mar que se produce como consecuencia de la surgencia. Las inundaciones de origen tecnológico son debidas fallas estructurales en obras civiles, principalmente presas y aliviaderos; drenajes pluviales inadecuados, y falta de mantenimiento a obras de evacuación, entre otras.

Las inundaciones fluviales ocasionadas por las precipitaciones se producen en las llanuras, en zonas bajas costeras e interiores, y en valles con poca capacidad de drenaje. Del mismo modo, combinadas con la operación de los embalses, son frecuentes en áreas aledañas a sus estructuras de vertimiento. En las ciudades, y en asentamientos de menor categoría, pueden producirse inundaciones significativas, incluso con láminas pequeñas de precipitación, debido a deficiencias en los sistemas de drenaje.

El área de inundación total a nivel de país se estima en 20 847 km², lo que representa 21 % del territorio nacional. Las mayores áreas de afectación se encuentran en:

- Región occidental: territorios asociados a la cuenca del río Cuyaguateje en Pinar del Río, a la Ciénaga de Zapata en Matanzas y Surgidero de Batabanó, en Mayabeque.
- Región central: cuencas del Zaza y Agabama en Sancti Spíritus, el río Sagua La Grande en Villa Clara y los municipios de Venezuela y Bolivia en Ciego de Ávila.
- Región oriental: parte baja de la cuenca del Cauto, con el mayor peligro para los municipios de Cauto Cristo y Río Cauto en Granma.

Inundaciones costeras por penetración del mar: son consecuencia del incremento eventual del nivel del mar generado por vientos fuertes asociados a frentes fríos, bajas extratropicales intensas en el golfo de México, anticiclones intensos en el océano Atlántico Norte, y de la marea de tormenta generada por los huracanes. De acuerdo con las características físico-geográficas de las costas de Cuba, su orientación y exposición a los diferentes flujos de vientos, las causas mencionadas se manifestarán con mayor o menor intensidad.

Las áreas de inundación debidas a la surgencia relacionadas con la actividad ciclónica han sido estimadas en 8 196.2 km² para un huracán de categoría 1, 12 997.8 km² para un huracán de categoría 3 y 17 737.6 km² para un huracán de categoría 5. Los porcentajes de área inundada referidos a huracanes son mayores en las zonas que se muestran en la tabla 1.5.

Tabla 1.4 Precipitaciones mayores de 100 mm por provincias y país

Provincias	Indicadores	100-200 mm	201-300 mm	301-400 mm	> 401 mm	TOTAL
Pinar del Río ⁸	Lámina	3385	385	71	62	3903
	% del total	87	10	2	2	1
La Habana ⁹ y Ciudad de La Habana ¹⁰	Lámina	3764	409	94	82	4349
	% del total	87	10	2	1	100
Matanzas	Lámina	2168	51	4	0	2223
	% del total	98	2	0	0	100
Villa Clara	Lámina	1646	89	9	0	1744
	% del total	94	5	1	0	100
Cienfuegos	Lámina	1742	121	38	37	1938
	% del total	90	6	2	2	100
Sancti Spíritus	Lámina	2193	178	38	4	2413
	% del total	91	7	2	0	100

⁸ Estos valores corresponden al área de la provincia de Pinar del Río, antes de la nueva división política administrativa.

⁹ Nombre anterior del territorio que cubrían mayormente las actuales provincias de Artemisa y Mayabeque.

¹⁰ Nombre anterior de la actual provincia de La Habana.

Ciego de Ávila	Lámina	1961	182	24	5	2172
	% del total	90	8	1	0	100
Camagüey	Lámina	1157	81	26	9	1273
	% del total	91	6	2	1	100
Las Tunas	Lámina	949	80	20	11	1060
	% del total	90	8	2	1	100
Holguín	Lámina	1465	204	87	73	1829
	% del total	80	11	5	4	100
Granma	Lámina	1866	459	208	170	2703
	% del total	69	17	8	6	100
Santiago de Cuba	Lámina	2149	475	123	103	2850
	% del total	75	17	4	4	100
Guantánamo	Lámina	2764	404	92	71	3331
	% del total	83	12	3	2	100
Isla de la Juventud	Lámina	351	44	13	3	411
	% del total	85	11	3	1	100
Cuba	Lámina	27 560	3162	847	630	32 199
	% del total	86	10	3	2	100

Fuente: Planos, 2012.

Tabla 1.5 Porcentajes de área inundada según la categoría de los huracanes

Región	Zona	Porcentaje de área inundada según la categoría de los huracanes. Escala Saffir Simpson		
		1	3	5
Occidente	Ciénaga de Zapata, Matanzas	63	93	98
Centro	Morón, Ciego de Ávila	58	65	76
Oriente	Nuevitas, Camagüey	41	58	63

Fuente: AMA, 2019.

Sequías: la sequía es un fenómeno de lento desarrollo. Es uno de los más estáticos y silenciosos de los eventos extremos; por lo que, si no existe un adecuado sistema de vigilancia, sorprende cuando ya está establecida. Desde el punto de vista meteorológico, la Organización Meteorológica Mundial (1990) define que tiene lugar cuando se instaura “un período de condiciones meteorológicas

anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitaciones cause un grave desequilibrio hidrológico." En este caso, la expresión "suficientemente prolongado", es clave en el proceso de aproximación a una percepción de "peligro" que refleje el potencial nocivo del fenómeno, más allá del valor que pueda representar un determinado índice de sequía (meteorológica), evaluado para un período temporal determinado. Según el impacto de la sequía meteorológica se definen otras categorías de sequía como hidrológica, hidráulica y agrícola.

Particular importancia tiene para el país la sequía agrícola, razón por la cual se ha establecido un "Índice Combinado de Sequía Agrícola" (ICSA), desarrollado a partir del diagnóstico del inicio y permanencia, duración e intensidad de esta categoría de sequía. Basado en un índice que integra el peligro por sequía meteorológica y agrícola, en el período estacional poco lluvioso, el mayor peligro por procesos severos se presenta hacia el centro y sur del territorio nacional; aunque también se reflejan al norte de las provincias de Matanzas, Ciego de Ávila y Las Tunas. En zonas montañosas se presentan afectaciones menos acentuadas, particularmente hacia la porción más oriental de la provincia de Holguín y al centro-norte de la provincia de Guantánamo.

En el período estacional lluvioso, el peligro moderado y severo por sequía se concentra hacia la costa norte de las provincias centrales y orientales; aunque en esta última región, salvo las zonas montañosas y áreas aledañas a estas, predomina el peligro *moderado*, mientras que las magnitudes más severas se observan en las áreas costeras al norte de Las Tunas y Holguín, al sur de Guantánamo y, en menor medida, al sur de Granma.

La distribución espacial del peligro integrado, evaluado por cuadrículas, se presenta en la figura 1.17.

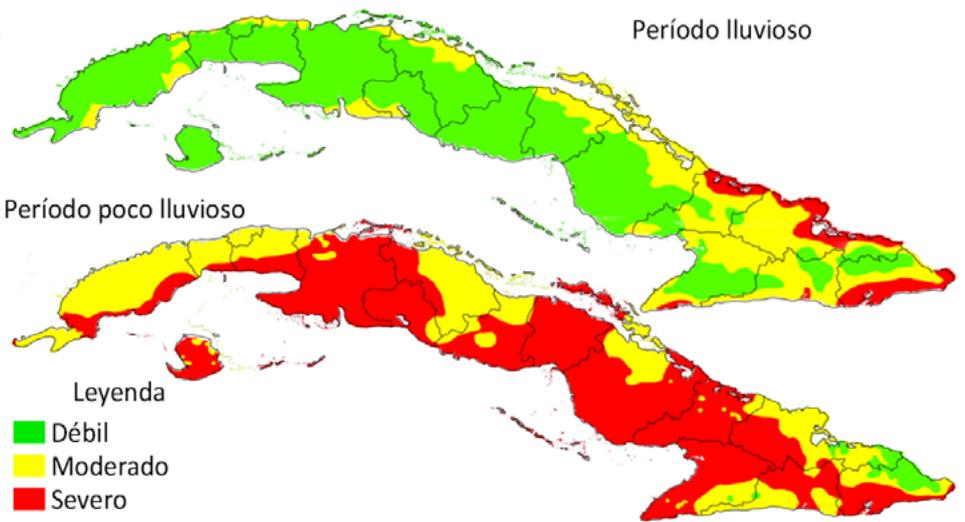


Figura 1.17 Peligro integrado por sequía meteorológica y agrícola. Período poco lluvioso y período lluvioso. Fuente: Elaborado a partir de la Base de Datos de Sequía del INSMET.

Sismos: la región sur-oriental de Cuba es la más amenazada por este fenómeno, al estar relacionada geológicamente con la principal zona sismogeneradora del Caribe. En esta área se produce un contacto entre la placa del Caribe y la placa de Norteamérica, conocida como “Oriente” o “Bartlett-Caimán”, ubicada al sur de las provincias de Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo. En la zona se pueden originar sismos de grandes magnitudes, superiores a 8 grados en la escala de Richter, con efectos de más de VIII grados de intensidad en la escala macrosísmica europea (EMS, en inglés). En Santiago de Cuba han ocurrido los terremotos más fuertes.

Existen otras zonas que pudieran ser afectadas por sismos de *moderada magnitud* (5.5-6.0 en la escala de Richter) y de *fuerte magnitud* (6.1-6.9 en la escala de Richter), asociadas a las fallas de interior de placas, entre las que se encuentran: municipio de Moa, en la provincia de Holguín; localidades cercanas a la falla Pinar, y las asociadas a la falla norte cubana, al norte de las provincias de Villa Clara y Matanzas.

Deslizamientos: este peligro es poco significativo en Cuba; principalmente ocurre en zonas montañosas, en particular en la proximidad de caminos que no cuentan con la totalidad de obras de fábrica requeridas.

Las provincias donde este fenómeno es más frecuente son Granma, Guantánamo, Holguín y Santiago de Cuba, donde se extiende la Sierra Maestra; Villa Clara, Sancti Spíritus y Cienfuegos, donde se localiza el Macizo de Guamuhaya y las Alturas de Villa Clara; y Pinar del Río y Artemisa, en las zonas donde se alza la Sierra de los Órganos y la Cordillera de Guaniguanico.

Incendios: la mayoría de los incendios registrados en Cuba son rurales, siendo su principal peligro los incendios forestales. La época de mayor riesgo para el surgimiento de estos siniestros es la comprendida entre los meses de enero a mayo, coincidiendo con el período poco lluvioso, donde históricamente se reportan 86 % de los incendios forestales, alcanzándose el máximo de eventos en el mes de marzo.

Las zonas más amenazadas se localizan en las provincias de Pinar del Río, Artemisa, Matanzas, Villa Clara, Camagüey, Holguín, Granma y el Municipio Especial Isla de la Juventud.

Estos eventos se deben a causas antrópicas, principalmente por quema no autorizada para diferentes fines en terrenos agropecuarios (28 %) y por chispas de vehículos que transitan cercanos o dentro de los bosques (22 %).

En estudios realizados se identificaron más de 600 zonas susceptibles a la ocurrencia de incendios (544 054 ha), pertenecientes al patrimonio forestal, albergando una capacidad de material combustible de 34 toneladas por ha, factor que incide en el alto grado de peligrosidad para los incendios rurales.

1.6.2 De origen tecnológico

Accidentes por sustancias peligrosas: han sido evaluados cuatro peligros de accidente mayor: incendios, explosiones, derrames de sustancias tóxicas y fugas de gases tóxicos en instalaciones que procesan o almacenan sustancias químicas peligrosas. Estos accidentes tienen la potencialidad de ocasionar los sucesos siguientes:

- a. Muerte, lesiones graves o discapacidad total o permanente a una o más personas.
- b. Daños graves al medio ambiente, que sean permanentes o de largo período de recuperación; provocando la pérdida o disminución de la capacidad del ambiente para proporcionar bienes y servicios ambientales.
- c. Daño severo a la integridad de la instalación o a sus partes componentes.

1.6.3 De origen sanitario

Estos peligros son causados por agentes biológicos y plagas, que pueden provocar graves enfermedades en la población humana, animal y vegetal. Incluye la introducción de organismos genéticamente modificados y de especies exóticas invasoras. La cercanía entre países, el turismo, el intercambio comercial, la colaboración internacional y el tránsito de aves migratorias son factores que pueden incrementar el nivel de peligro. El mayor nivel de peligro por esta causa ocurre cuando las afectaciones de determinadas enfermedades alcanzan la magnitud de epidemia, epizootias y epifitias.

En la Segunda Comunicación Nacional (2015) fue analizado un grupo de enfermedades que son objeto de vigilancia por parte del Sistema Nacional de Salud, para evitar su propagación como epidemias, entre ellas: infecciones respiratorias agudas; diarreicas agudas y la hepatitis viral; también por su vinculación con algunas de estas enfermedades se estudiaron los focos de Aedes Aegypti, como vector fundamental. Del mismo modo, en la mencionada comunicación fueron estudiadas las plagas que más frecuentemente afectan a los bosques cubanos y el cultivo de la papa y tabaco.

Entre las fuentes de propagación de enfermedades figuran la calidad del agua, fundamentalmente asociada al nivel de contaminación por materias orgánicas; y la inadecuada alimentación y condiciones de vida, y elementos relacionados con la bioseguridad. Incluso peligros de origen natural como la sequía intensa, los fuertes vientos y las inundaciones, pueden provocar alta mortalidad, incluyendo las especies de la acuicultura y la apicultura.

1.7 Principales problemas ambientales

La Estrategia Ambiental Nacional (EAN) para un plazo dado es continuamente actualizada en el país, teniendo en cuenta los elementos clave de la política y la gestión ambiental cubanas en ese período. Actualmente existe una EAN para el quinquenio 2016-2020 (Citma, 2016), en la que se identifican ocho grandes problemas que requieren atención. Aspectos relevantes en la actual Estrategia con respecto a las anteriores son la forma en que sus objetivos se relacionan con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y cómo ha perfeccionado la atención a las consecuencias del cambio climático.

Sin responder a criterios de prioridad o importancia, los principales problemas ambientales identificados en la EAN para 2016-2020 son:

- Degrado de los suelos.
- Afectaciones a la cobertura forestal.
- Contaminación.
- Pérdida de la diversidad biológica.
- Deterioro de los ecosistemas.
- Carencia y dificultades con el manejo y disponibilidad del agua.
- Deterioro de la condición higiénico-sanitaria de los asentamientos humanos
- Impactos del cambio climático.

En el desarrollo de este informe se analizarán algunos de estos problemas, desde el punto de vista de las vulnerabilidades, los impactos del cambio climático y la adaptación.

En el caso particular del cambio climático, en la actual EAN se reconoce que el futuro climático de Cuba se describe como más cálido, seco y extremo y, como consecuencia, se refieren como principales impactos esperados los siguientes:

- salinización de acuíferos terrestres por el avance significativo de la llamada “cuña salina”;
- reducción significativa de la disponibilidad de agua;
- pérdida de superficie terrestre por elevación del nivel del mar con afectaciones severas a zonas bajas donde se ubican 262 asentamientos humanos;
- decrecimiento sostenido en los rendimientos agrícolas fundamentales;
- aumento del riesgo de enfermedades respiratorias, digestivas y las transmitidas por vectores, con mayor impacto en grupos vulnerables.

1.8 Economía cubana

La economía de Cuba se ha visto fuertemente impactada por más de 60 años de bloqueo económico, comercial y financiero impuesto por el Gobierno de los Estados Unidos de América contra el país. El bloqueo constituye el principal obstáculo para su desarrollo, al afectar negativamente todas las esferas y sectores de la vida y la sociedad cubanas.

Luego de la llegada a la Casa Blanca de la Administración del presidente Donald Trump, se ha producido un recrudecimiento del bloqueo, con énfasis en su dimensión extraterritorial, y de la política de hostilidad hacia Cuba sin

precedentes. Una demostración de ello fue la decisión de activar el Título III de la Ley Helms-Burton, cuyos efectos intimidatorios han impactado las actividades económicas de Cuba y las inversiones extranjeras.

Durante el 2019 se registraron 86 acciones y medidas impuestas por el Gobierno de los Estados Unidos de América contra Cuba. De ese total, 44 constituyeron acciones concretas de bloqueo, entre las cuales se incluyen: la eliminación de los viajes educativos grupales “pueblo a pueblo”; la denegación de licencias para viajes de buques, embarcaciones de recreo y aeronaves privadas; la suspensión de vuelos regulares a aeropuertos cubanos, con excepción de La Habana; la reimposición del impedimento de exportación a Cuba de artículos con más del 10 % de componentes estadounidenses; y la limitación del monto permitido para el envío de remesas familiares. Asimismo, se ha incrementado el asedio al sector financiero, la campaña de descredito a los programas de cooperación médica cubana y la persecución e intimidación a las empresas que envían suministros de combustible a Cuba.

Solo en el período de un año, desde abril de 2018 hasta marzo de 2019, el bloqueo ha causado pérdidas a Cuba en el orden de los 4 mil 343.6 millones de dólares. (Minrex, 2019).

Algunos ejemplos de las afectaciones del bloqueo a varios sectores de la economía en un año (desde abril de 2018 hasta marzo de 2019):

- **El turismo cubano:** las pérdidas ascendieron a unos 1383 millones de dólares, en importantes esferas relacionadas con los viajes, los servicios, las operaciones y aseguramientos logísticos.
- **El sector del transporte:** los daños totales en este renglón durante el período superaron los 170 millones de dólares.
- **La industria cubana:** las afectaciones provocadas por el bloqueo superaron los 49 millones de dólares.
- **El sector de la energía y minas:** las afectaciones a sus empresas ascendieron a 78 millones 336 mil 424 dólares.
- **El comercio exterior de Cuba:** la afectación total del bloqueo fue de 2 mil 896 millones 581 mil 555 dólares.
- **Las afectaciones monetario-financieras** se estimaron en 725.8 millones de dólares.

A pesar de este complejo escenario, la economía cubana logra avances que, si bien no alcanzan totalmente los objetivos trazados, muestran resultados favorables en varios sectores productivos y de servicios. Ellos son el fruto de un nuevo modelo económico que se concentra en líneas estratégicas para el desarrollo del país; la descentralización del Estado y del gobierno en beneficio de la gestión de los gobiernos locales; el incremento de la inversión extranjera; y la estimulación de la vinculación del sector privado con los objetivos de desarrollo trazados.

Sorteando las tensiones financieras y materiales impuestas por el recrudecido bloqueo económico, al cierre del año 2017 el PIB de Cuba creció en 1.8 % (Figura 1.18). A ello contribuyeron los resultados alcanzados en los programas estratégicos definidos, entre los que se destacan los cambios en la matriz energética nacional; el fortalecimiento en la organización de la agricultura y de sus producciones, encaminada a la producción de alimentos para reducir importaciones; el desarrollo alcanzado por el turismo; y el reordenamiento del transporte. El avance económico de la nación estuvo limitado por factores negativos como el no cumplimiento de los ingresos previstos por exportaciones; afectaciones en la actividad turística, la producción azucarera y la disponibilidad de combustibles; y la inejecución de importantes programas inversionistas.

La situación económica y social antes descrita se vio acentuada dada la ocurrencia de eventos climáticos extremos, tales como sequía prolongada, precipitaciones intensas y los destrozos del huracán Irma en 12 provincias del país.

Los gastos totales del presupuesto del Estado en 2017 constituyeron el 66 % del PIB y sus principales partidas fueron: educación (17.4 %), salud (14.9 %) y seguridad social (11.1 %). Por su parte, los ingresos totales representaron 57.4 %, para un saldo fiscal de - 8.6 %. La situación descrita obliga a intensificar la captación de ingresos, para respaldar el nivel de gastos previstos con equilibrio financiero. Un resumen de los principales indicadores económico-sociales al cierre de 2017 se muestra en el cuadro 1.2.

5

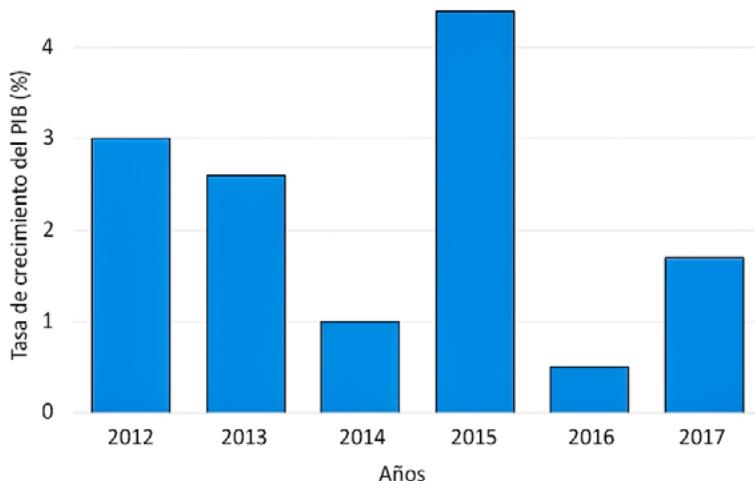


Figura 1.18 Tasa de crecimiento del PIB a precio constante. Período 2012-2017. *Fuente: ONEI, 2019f.*

Cuadro 1.2 Comportamiento de indicadores económico-sociales, seleccionados al cierre de 2017

Indicadores	%
PIB a precios constantes	1.8
PIB per cápita a precios constantes	1.8
Consumo total	1.6
Formación bruta de capital	1.3
Exportaciones de bienes y servicios	0.0
Importaciones de bienes y servicios	- 1.6
Tasa de desocupación	1.7
Tasa anual de crecimiento de la población	- 1.6
Población con 60 años y más	20.1

Fuente: ONEI 2019b.

En la planificación económica anual se contabilizan recursos financieros para inversiones con destino a la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales, particularmente para la adaptación y mitigación del cambio climático. Un aspecto importante en la ejecución del presupuesto que

se destina para el medioambiente es que debe ser realizado bajo la supervisión del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, lo que garantiza la evaluación de los impactos ambientales y de las transferencias tecnológicas. En 2017, los gastos de inversión para la protección del medioambiente crecieron 3.1 % con relación al año anterior y representan 8.0 % del gasto de inversión total.

Durante los últimos años, el país enfrentó la renegociación y pago de las deudas vencidas y en 2016 logró poner en orden su deuda oficial. Este proceso ha ocurrido sin someterse a las condiciones del FMI (Fondo Monetario Internacional), del Banco Mundial u otros organismos financieros internacionales; y soportando el costo del bloqueo económico de los Estados Unidos de América, que hasta 2017 alcanzó los 130 179 MM de dólares.

1.8.1 Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista

En el contexto de la actualización del modelo económico, el documento programático fundamental es la “Conceptualización del modelo económico y social cubano de desarrollo socialista”, donde los servicios climáticos juegan un importante papel. Este documento considera que resulta decisiva la protección de los recursos y el medio ambiente, entre otras dimensiones del desarrollo, y que en una sociedad socialista próspera podrá alcanzarse, en particular, mediante la aplicación de la ciencia, la tecnología y la innovación. Además, que en la planificación del desarrollo económico y social se sitúa en un primer plano la formación de los recursos humanos y el papel de la ciencia, la tecnología y la innovación en todas las instancias, con una visión que asegura desde el corto y mediano plazos los objetivos estratégicos e incrementa la generación, generalización y apropiación social de los conocimientos y su aplicación práctica, de modo que impacte en el incremento de la producción y la productividad.

“El Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista actualizado, en lo adelante ‘el Modelo’, define y sustenta las pautas esenciales que fundamentan los objetivos de las acciones prácticas en estas esferas, de acuerdo con la evolución histórica y las condiciones contemporáneas en que tiene lugar la construcción del socialismo en nuestro país, preservando sus finalidades estratégicas; expone y fundamenta los objetivos estratégicos de este, los principios en que se sustenta y las principales transformaciones requeridas en correspondencia con las condiciones contemporáneas. Es una guía para avanzar hacia la materialización plena de la Visión de la Nación:

soberana, independiente, socialista, democrática, próspera y sostenible, mediante el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social a largo plazo, y otras acciones". Entre los retos futuros que asume están los asociados a los constantes cambios en términos científicos, tecnológicos y climáticos.

1.8.2 Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030

Los ejes temáticos de este Plan expresan las dimensiones principales que conforman el panorama económico, político, social y ambiental de la nación. Se definen con el propósito de facilitar el estudio y la determinación de las interrelaciones fundamentales entre cada una de ellas, y de esta forma, asegurar el enfoque integral y sistémico en el proceso de elaboración de la estrategia de desarrollo. Se establecen 10 885 710 habitantes que articulan la propuesta de desarrollo económico y social hasta 2030 y contribuyen, desde su área de influencia, a la consecución de ese propósito a largo plazo. A partir de ellos se definen objetivos generales y específicos.

Los seis ejes estratégicos son: 1) gobierno socialista, eficaz, eficiente y de integración social; 2) transformación productiva e inserción internacional; 3) infraestructura; 4) potencial humano, ciencia, tecnología e innovación; 5) recursos naturales y medio ambiente; y 6) desarrollo humano, equidad y justicia social. En torno a ellos se establecen 22 objetivos generales y 106 objetivos específicos.

El Eje Estratégico **Recursos naturales y medioambiente** promoverá el establecimiento del conjunto de programas y acciones para la gestión eficaz del riesgo de desastres y la adaptación del país al cambio climático, la eficiencia energética y el desarrollo de fuentes renovables de energía, el impulso de mecanismos de información y participación ciudadana, y la educación ambiental. Dentro de sus objetivos específicos están:

- Elevar la eficiencia energética y el desarrollo de fuentes renovables de energía, lo que contribuye, entre otros beneficios, a reducir la generación de gases de efecto invernadero, a mitigar el cambio climático y a promover un desarrollo económico menos intenso en carbono.
- Implementar de manera eficaz y eficiente los programas y acciones para el enfrentamiento al cambio climático, con énfasis en la adaptación, la reducción de la vulnerabilidad, y la introducción de estrategias sistémicas e intersectoriales.

- Continuar incrementando la cobertura boscosa del país de acuerdo al área potencial identificada, con énfasis en los bosques protectores, y en el cuidado de la zona costera.
- Detener la degradación de la zona costera y ecosistemas marinos, y adoptar medidas para su restauración y el desarrollo sustentable de la pesca, el turismo y la adaptación ante el cambio climático. Disminuir la vulnerabilidad costera para los asentamientos amenazados por el aumento del nivel del mar.
- Implementar incentivos económicos (tributarios, arancelarios, crediticios, entre otros), para lograr la sostenibilidad financiera en el uso y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, la lucha contra la contaminación y el enfrentamiento al cambio climático.
- Perfeccionar el Sistema de Defensa Civil para la reducción de desastres ante peligros de origen natural, tecnológico y sanitario, con un mayor uso de la ciencia y la tecnología, y desarrollar una eficaz y eficiente gestión integral de riesgos, con la activa participación de las comunidades, entidades, gobiernos locales y la sociedad en general.

1.9 Sectores productivos

En esta Comunicación Nacional se evalúan los avances en materia de adaptación y mitigación en la mayoría de los sectores que fueron contemplados en la SCN y se incorporan otros sectores.

1.9.1 Energía

El sector de la energía es transversal a todo el desarrollo económico y social del país. Su actividad y el uso de sus producciones fundamentales son responsables de la mayor parte de las emisiones de GEI. Por ello, las acciones de mitigación en este sector tienen prioridad dentro de los esfuerzos que se realizan en el país, relacionados con el cambio climático, sin excluir la adopción de medidas de adaptación.

Cuba continúa avanzando en la implementación de importantes acciones de ahorro y uso racional de combustible, y en el uso y búsqueda de fuentes nacionales, con el objetivo explícito de reducir la dependencia de las importaciones. En marzo de 2017 la República de Cuba aprobó el Decreto Ley 345 “Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía”, pero desde mucho antes se llevaron a cabo importantes programas, como

lo fueron en 1994, el “Programa de desarrollo de las fuentes nacionales de energía”; en 1997, el “Programa de ahorro de electricidad de Cuba”; y en 2005-2006, la “Revolución Energética”.

La Revolución Energética fue un programa que involucró a la sociedad cubana, lográndose el cambio de 4.4 millones de equipos electrodomésticos ineficientes en las viviendas (2.6 millones de refrigeradores y 9.4 millones de bombillos incandescentes por ahorradores) con la participación ciudadana. Estos programas, además de su impacto económico y social, fueron una importante contribución a la reducción de los ritmos de crecimiento de demanda de electricidad, el incremento de eficiencia energética y, por tanto, en la reducción de las emisiones de GEI. En los siguientes acápite se ofrecen detalles del sector entre 2015 y 2018, aunque algunas estadísticas solo están disponibles hasta 2017.

El nivel de electrificación en el país alcanzó 100 % al cierre de 2018, producto de la instalación de 14 488 módulos solares fotovoltaicos en zonas de difícil acceso. Además, el empleo de electricidad para uso de cocción residencial pasó del 7.3 % en 2002 a 75 % en 2018. Los principales consumidores de energía por sectores se muestran en la figura 1.19.

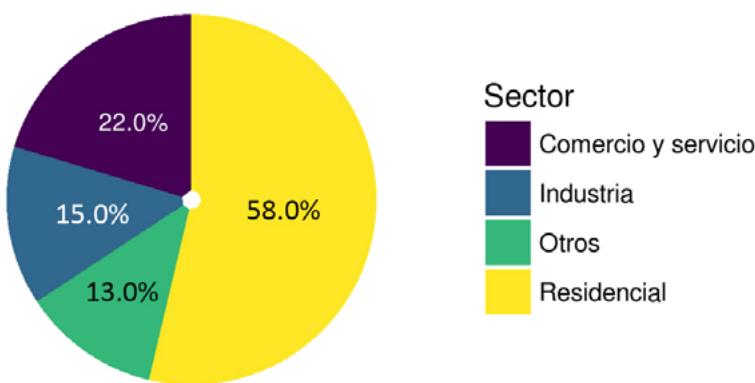


Figura 1.19 Principales consumidores de electricidad por sectores. Fuente: ONEIf.

Actualmente el crudo y gas acompañante se emplean en cerca del 60 % de la generación total de electricidad, y se prevé que en el 2030 el Sistema Electroenergético Nacional (SEN) reciba los beneficios del incremento, en 24 %, de la energía obtenida de las fuentes renovables (FRE): biomasa cañera, eólica

y solar; el fortalecimiento de la generación térmica convencional y la instalación de nuevas capacidades en ciclos combinados a gas. La dinámica en la incorporación de las FRE en este contexto hasta el cierre de 2018 se muestra en la figura 1.20.

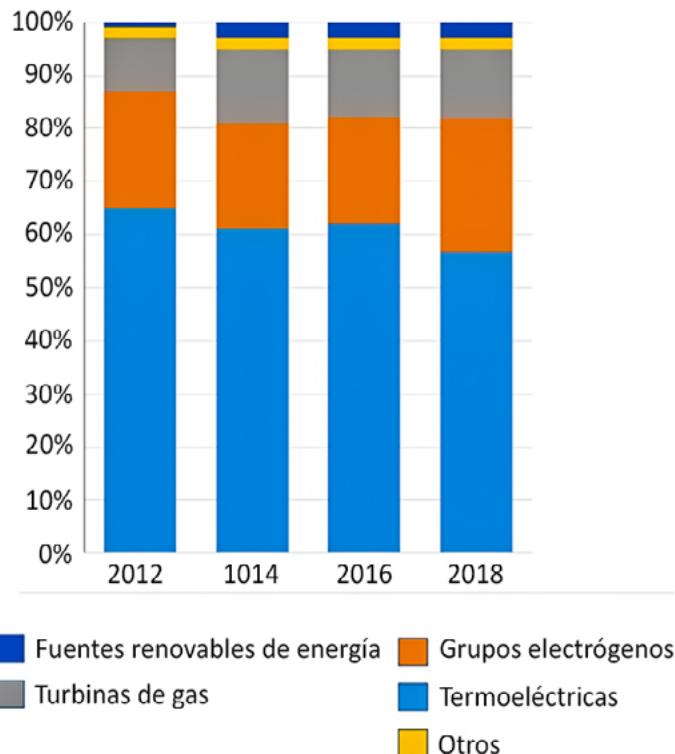


Fig. 1.20 Dinámica de las fuentes de generación eléctrica 2012-2018.
Fuente: Minem.

El uso de la radiación solar se incrementó con la instalación de dispositivos fotovoltaicos en áreas rurales y montañosas, y en sectores priorizados, como las instalaciones turísticas. La capacidad instalada aumentó, aunque no lo suficiente, influido por factores económicos, organizativos y tecnológicos. No obstante, el crecimiento de la generación con esta tecnología pasó de 3 GWh en 2013 a 147 GWh en 2018. La energía eléctrica generada en parques eólicos y bioeléctricas debe incorporarse al SEN a partir del año 2020. Se sincronizarán los primeros 100 MW eólicos basados en aerogeneradores de gran porte y los primeros 62 MW de la central bioeléctrica Ciro Redondo.

1.9.2 La tierra, agricultura y silvicultura

Uso de la tierra

La superficie agrícola representa 57.3 % del área del país. Como parte de los programas estratégicos, se incrementa paulatinamente el área de tierra cultivada, con la incorporación progresiva de tierras ociosas, con un incremento en 2017 de 734.6 km² respecto al 2016. El área ocupada por los principales cultivos se muestra en la tabla 1.6.

Tabla 1.6 Indicadores del uso de la tierra en Cuba 2013-2017

Indicador	2013	2015	2017
	Mha		
Superficie agrícola	6342.4	6240.3	6300.2
Superficie cultivada	2645.8	2733.6	2765.2
Superficies de cultivos permanentes	1476.6	1461.8	1454.2
Superficies de cultivos temporales	1158.7	1258.5	1151.0
Superficies no cultivadas	3696.6	3506.7	3535.0
Pastos naturales	2650.5	2581.9	2617.7
Superficie ociosa	1046.1	924.8	917.3
Superficie no agrícola	4646.0	4748.1	4688.2
Superficie forestal	3402.3	3371.6	3339.4
Superficie no apta agricultura y silvicultura	1243.7	1376.5	1348.8

Fuente: ONEI, 2019b.

Agroproductividad de los suelos

El 28.8 % de los suelos donde están los cultivos de mayor importancia económica clasifican en las categorías productiva y muy productiva. Ello indica que pueden obtenerse rendimientos superiores al 50 % del potencial estimado para una amplia gama de cultivos. Por otra parte, 71.2 % de los suelos se distribuyen en las categorías de poca a muy poca productividad y son afectados por factores edáficos limitantes, que impiden alcanzar los rendimientos potenciales. (Cuadro 1.3).

Cuadro 1.3 Agroproductividad de los suelos

Categoría	Área agrícola (%)
Muy Productivos	16.5
Productivos	16.7
Medianamente Productivos	20.8
Muy Poco Productivos	46.0

Fuente: ONEI, 2018.

Más de 20 000 km² de tierras agrícolas cultivadas forman parte de ecosistemas frágiles, en los que el desarrollo agrícola demanda de un alto grado de eficiencia y cuidado para no romper el equilibrio existente. La distribución espacial de las categorías agroproductivas en el territorio nacional que los suelos menos productivos están más presentes en la región oriental del país, mientras que los de mayor agroproductividad se sitúan en las regiones occidental y central.

Los principales factores limitantes de la agroproductividad son la salinización y la erosión, a los que se unen la baja presencia de materia orgánica, la acidez y la compactación. Ambas limitantes son mayores en la región oriental, y la primera de ellas igualmente se manifiesta en la región central de Cuba. Dichos fenómenos se agudizan después de períodos de sequía, reiterados e intensos, y deben acrecentarse como parte del impacto del cambio climático.

Agricultura urbana, suburbana y familiar

Este es un programa (AU-ASU-AF) que trabaja para la producción de hortalizas. Existe una proporción de una hectárea cada 1 000 habitantes en la que se cultiva en organopónicos, huertos intensivos y semiprotegidos, y parcelas tecnificadas. Contempla una red de más de 140 000 fincas, integradas en 100 cooperativas agropecuarias. Incluye la explotación de patios y parcelas antes ociosas en los asentamientos, alcanzando más de 400 000 instalaciones. Esta agricultura promueve la conservación de las tradiciones y la cultura alimentaria locales, la conservación de la diversidad agrícola, proveyendo una dieta más balanceada y saludable, la promoción de la sostenibilidad ambiental y la conservación de los recursos fito y zoogenéticos. Adicionalmente propicia el desarrollo de las economías locales y contribuye a la generación de empleos (más de 400 mil), el bienestar de los familiares y la utilización de recursos energéticos e insumos productivos renovables.

1.9.3 Sector Forestal

El área forestal cubierta es de 3 042 027 hectáreas, de ellas 2 709 033 hectáreas son bosques naturales y 532 094 hectáreas de plantaciones establecidas. En Cuba, 46.3 % de los bosques clasifican en la categoría de protección y en ellos no se admiten talas totales. El 23 % son bosques de conservación y en esta categoría no se permiten talas de explotación. Solo 30.6 % son bosques productores, que admiten talas de explotación y de mejora.

Según el programa hasta el 2030, el trabajo de reforestación se desarrolla en dos vertientes fundamentales:

1. Plantaciones con especies de rápido crecimiento en las zonas llanas y pre montañas, para garantizar las necesidades de la economía nacional con diferentes surtidos de madera y biomasa para la producción de energía.
2. Plantaciones de carácter protector, con especies autóctonas en las cuencas hidrográficas, para la protección de las aguas y de los suelos, en la protección de los ríos, embalses y costas, en las zonas montañosas con altas pendientes y en la reconversión de áreas afectadas por la minería, significativa importancia en el rescate de especies en peligro de extinción.

Para ello se manejarán a través del Sistema Nacional de Reforestación más de 180 especies de árboles maderables y frutales.

Estructuralmente, en el sector funcionan tres entidades: el Grupo Empresarial Agroforestal, que dirige 30 empresas y el 45 % del patrimonio forestal; las OSDE Flora y la Fauna que administra 80 áreas protegidas y ocupa el 28 % del patrimonio forestal; y el 24 % restante se distribuye en otras administraciones, el sector cooperativo y campesino; el Grupo Azucarero de Cuba (AzCuba), las empresas agropecuarias y la Unión Agropecuaria Militar (UAM). Las cooperativas y los campesinos cada día cobran mayor protagonismo, con la adquisición de tierras ociosas en usufructo para la actividad forestal.

1.9.4 Pesca

Los recursos pesqueros en Cuba son limitados y las políticas de explotación sostenible establecidas impiden un crecimiento considerable de las capturas. La pesca en aguas distantes, que satisfacía las necesidades de consumo de la población en la década de los 80 del siglo pasado, se ha eliminado por la escasez de recursos tanto pesqueros como financieros. Por ello, el incremento de

la producción pesquera se basa en el cultivo de organismos acuáticos (acuicultura), constituyendo la principal línea de desarrollo del Ministerio de la Industria Alimentaria.

Las capturas de la plataforma insular son de gran valor comercial, destacándose la langosta, el camarón, el pepino de mar y los túnidos, con un alto nivel de comercialización. En los últimos cinco años, la pesca de plataforma redujo en 70 % sus capturas respecto a 1984-1988.

Con el fin de garantizar el uso sostenible de los recursos pesqueros y un mejor manejo de las pesquerías, y a partir de las investigaciones realizadas por el Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP), cada año se emiten medidas regulatorias de alcance nacional para especies de importancia comercial.

Especies como el cobo, el cangrejo moro, las esponjas, el pez loro, entre otras, se encuentran incluidas en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). A su vez, con el objetivo de conservar y proteger estas especies, han sido incluidas en la Resolución 160/2011 del Citma sobre las regulaciones para el control y la protección de especies de especial significación para la diversidad biológica en el país.

La actividad acuícola se desarrolla en dos líneas fundamentales: el cultivo de especies de agua dulce y el cultivo del camarón. Cuba no cuenta con especies dulceacuícolas autóctonas de interés comercial, ni con grandes ríos y lagos naturales. Así, la acuicultura se basa en especies foráneas, introducidas bajo las regulaciones internacionales y sembradas en embalses y estanques, utilizando métodos de cultivo extensivos, semi-intensivos e intensivos. La línea de cultivos dulceacuícolas llegó a la mayor captura histórica en el 2015, con 27 550 t, y el cultivo de camarón en el 2019, con 6656 t. Esta actividad comprende las 15 provincias cubanas, incluyendo el Municipio Especial Isla de la Juventud. Se organiza en empresas acuícolas provinciales, que controlan y regulan la producción de alevines de las diferentes especies en sus centros de alevinaje, de acuerdo a las necesidades de los territorios.

Para lograr un mejor manejo de los recursos pesqueros, el 28 de febrero de 2017 se aprobó la Política de Pesca de la República de Cuba, la cual tiene como objetivo fortalecer las regulaciones para la actividad pesquera marina y constituir la base para el programa de desarrollo a largo plazo. En marzo de 2020, vio la luz la Ley No. 129-Ley de Pesca junto a un conjunto de normas, que incluyen un decreto y siete resoluciones complementarias. Esta Ley, ampliamente debatida por los diputados, constituye la expresión jurídica de mayor rango de la política antes mencionada; establece las regulaciones para el

adecuado ordenamiento, administración y control de la pesca, en función de la conservación y aprovechamiento racional de los recursos hidrobiológicos en las aguas marítimas, fluviales y lacustres de Cuba, con el fin de contribuir a su soberanía alimentaria. Entre sus principales propósitos figuran: instituir los principios de ordenación de los recursos pesqueros; regular las autorizaciones de pesca y definir las modalidades de esta, así como disponer las bases para el funcionamiento del órgano consultivo en materia de ordenamiento pesquero y crear mecanismos de coordinación entre las entidades que intervienen en el proceso.

1.9.5 Sector Hidráulico

El potencial de los recursos hídricos del archipiélago cubano, calculado hace más de dos décadas, se evalúa en un total de 38 100 millones de m³; de ellos, 6 400 millones son subterráneos en 165 unidades hidrogeológicas, y los 31 700 millones restantes son superficiales, en 642 cuencas hidrográficas. Sin embargo, los propios resultados del estudio de las precipitaciones para el nuevo mapa isoyético cubano 1961-2000, concluido en 2005 y vigente a partir de ese año, indican que estos recursos potenciales probablemente sean más bajos. (INRH, 2016).

Los recursos hídricos aprovechables se evalúan en alrededor de 24 000 millones de m³ anuales, correspondiendo 75 % a las aguas superficiales y 25 % a las subterráneas. Los recursos hidráulicos disponibles, a partir de la infraestructura hidráulica, ascienden a 13 904 millones de m³. El desarrollo de la misma en el país permite poner a disposición de las demandas económicas, sociales y ambientales 58 % de los recursos aprovechables.

La infraestructura actual cuenta con 242 embalses, los que almacenan algo más de 9000 millones de m³. A ellos se unen 58 derivadoras, 729 micropresas, 810.95 km de canales magistrales, 16 grandes estaciones de bombeo y 1400.1 km de diques.

Los sistemas de acueducto en Cuba abastecen a 2480 asentamientos poblacionales. Estos sistemas cuentan con 22 468.2 km de redes de acueducto y 813.0 km de conductoras, 87 plantas potabilizadoras, 2932 estaciones de bombeo y 12 plantas desalinizadoras. 10 724 290 habitantes tienen cobertura de acueducto, lo que representa 95.67 % de la población total residente. De ellos, 8 559 431 habitantes cuentan con conexión domiciliaria, para 76.36 %.

Al cierre de 2018, Cuba cuenta con 546 asentamientos con servicio de alcantarillado. Se caracteriza por poseer 5442 km de redes, 24 plantas de

tratamiento de residuales administradas por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), 901 156 fosas a serviciar, 316 lagunas de estabilización y 172 estaciones de bombeo de residuales. La cobertura de saneamiento en todo el país alcanza a 10 885 710 habitantes, lo que representa 97.1 % de la población total residente, de ellos 4 999 254 habitantes con servicio de alcantarillado, para 36.6 %.

En la última década, el volumen de agua entregado anualmente para todos los usos ha oscilado entre 6 000 y 8 000 millones de m³. Más de la mitad fue utilizada en las producciones agrícolas. (Figura 1.21).

En correspondencia con lo antes referido, en diciembre de 2012 se aprobó la Política Nacional del Agua, como soporte a la alternativa sostenible que asegure, a mediano y largo plazos, el suministro seguro de la cantidad y de la calidad de agua para la economía, la sociedad y el medio ambiente. En el año 2017 se emitieron la Ley 124 “De las Aguas Terrestres”, y su Reglamento (aprobado por el Decreto 337). En ellos se regula la gestión integrada y sostenible de las aguas terrestres.

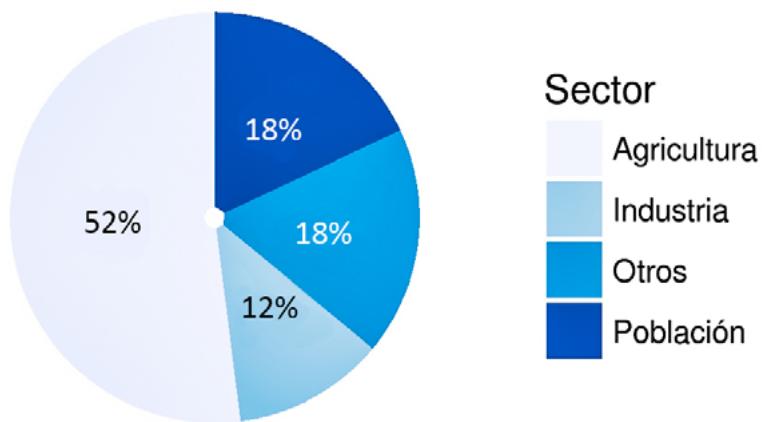


Figura 1.21 Distribución del recurso agua por sectores. *Fuente: INRH, 2016.*

1.9.6 Turismo

Representa la segunda fuente de ingresos del país, con una contribución del 10 % al PIB y la generación de medio millón de empleos (Hosteltur 23, abril, 2018, p.1). Los principales mercados emisores de turistas a Cuba son Canadá, emigrados cubanos, Reino Unido, Francia, Estados Unidos de América, Alemania, Italia, Rusia y España.

En la figura 1.22 se muestra la dinámica de la llegada de turistas a Cuba, en la que se refleja cómo en el año 2015, el turismo aumentó en medio millón de visitantes con respecto al año anterior e incrementándose hasta superar los 4.5 millones, consolidando a Cuba como un destino internacional.

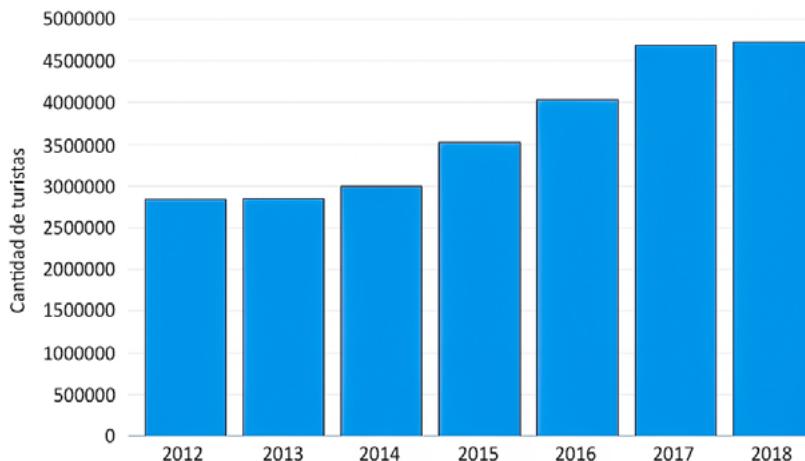


Figura 1.22 Dinámica de visitantes internacionales a Cuba. *Fuente:* ONEI, 2019g.

El turismo de cruceros representa una opción viable, para garantizar un crecimiento sostenido del número de visitantes, frente a una oferta de servicios de alojamiento que por ahora no garantiza la demanda de estancia. Al concluir el año 2018, la capacidad de alojamiento sumaba 96 218 habitaciones físicas; de estas: 45 333 bajo contratos de administración y comercialización con 20 cadenas hoteleras internacionales; 24 661 de marca propia y 26 224 del sector no estatal.

De acuerdo con informes de ciertos indicadores seleccionados sobre turismo nacional, un total de 1 208 123 cubanos residentes en la Isla accedieron a instalaciones y ofertas turísticas en el 2014. De igual forma, 1 334 056 lo hicieron en 2015, observándose un crecimiento del 10.4 % con respecto al año anterior. En 2016 se observa un pequeño decrecimiento de 6.9 con respecto al 2015, en cuanto al número de turistas físicos totales.

1.9.7 Industria

La República de Cuba trabaja con una estrategia tecnológica que contribuye a reorientar el desarrollo industrial, promoviendo la modernización sistemá-

tica de las tecnologías existentes, priorizando evitar los impactos ambientales nocivos asociados.

Las principales ramas que tiene en cuenta este sector son: farmacéutica y biotecnológica; níquel y otros minerales; electrónica y automática; química; metalurgia ferrosa; envases y embalajes; reciclaje; metal-mecánica; ligera; y local.

1.9.8 Construcción

En Cuba, el sector de la construcción es un importante emisor de CO₂ a la atmósfera; por tanto, constituye un sector clave en la mitigación del cambio climático. Del mismo modo, en esta actividad se requiere de medidas de adaptación relacionadas con el confort y la seguridad de la población, y la seguridad de las obras civiles.

En 2017, la construcción aportó al PIB (a precios constantes de 1997) el 6.9 %, equivalente a 3 849 millones de pesos; en el año 2018 ascendió al 7.4 %, correspondiente a 4 206 millones de pesos (ONEI, 2019e). Constituye uno de los sectores económicos estratégicos de la economía cubana y por su relación con el resto de los programas del país, en el Plan Nacional de Desarrollo está llamado a introducir nuevas tecnologías, sistemas constructivos de alta productividad y a desarrollar la industria de materiales para la construcción¹¹. El sector de la construcción ha invertido en la protección al medioambiente con perceptible irregularidad durante el período 2014-2018, aunque en por ciento, es la cuarta actividad económica que más destina a este objetivo en el país (ver Tabla 1.7).

Tabla 1.7 Gastos de inversión para protección al medio

Protección al medio ambiente actividad económica		
	Año	Miles de pesos
Sector de la construcción	2014	76 394.0
	2015	78 187.6
	2016	85 828.4
	2017	81 921.1
	2018	50 452.6

Fuente: ONEI, 2019b.

¹¹ Conceptualización del modelo económico y social cubano de desarrollo socialista y Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030: Propuesta de visión de la nación, ejes y sectores estratégicos (p. 26).

En su estructura, las mujeres representan el 23.1 % de toda la fuerza empleada en la construcción, entre ellas, 54 % ocupa cargos técnicos (MICONSA, 2019). En 2014 se aprobó la Resolución 349, referente a la política institucional para la equidad de género, en la cual se precisan como objetivos incorporar de manera creciente mujeres a la fuerza laboral, promover oportunidades y derechos equitativos en aras de favorecer el desarrollo personal y profesional.

La construcción como sector es un importante emisor de CO₂ y partículas sólidas a la atmósfera, derivadas principalmente de la producción de materiales para la construcción. Por ello, el Programa de actividades productivas asociadas a los materiales de construcción locales constituye uno de los programas estratégicos para el ordenamiento territorial nacional.

A futuro, constituyen objetivos del Ministerio de la Construcción incrementar el encadenamiento productivo; perfeccionar el trabajo con las formas de gestión no estatal vinculadas a los programas económicos y sociales en marcha; fomentar la inversión extranjera y acrecentar las exportaciones e identificar otros renglones más allá de los ya reconocidos como el mármol, los cementos especiales y los servicios integrales. Sumado a estos, en la Estrategia Ambiental sectorial propone incrementar proyectos de investigación relacionados con el cambio climático; la introducción de tecnologías de bajo consumo energético; la recuperación de los recursos hídricos y el uso de fuentes renovables de energía.

1.9.9 Transporte

En cuanto al transporte, las diferentes categorías en que se subdivide el sector se caracterizan porque el equipamiento asociado procede de diferentes zonas geográficas y posee un variado conjunto de técnicas de fabricación, lo que unido al envejecimiento técnico ocasionado por el prolongado período de explotación, y al uso de tecnologías de baja eficiencia energética, promueven altos niveles de emisiones de gases producto de la combustión. Esta situación se agrava ante la deficiente calidad de los combustibles producidos en el país, que específicamente para los medios de transporte automotor de carretera constituye una limitante en la adquisición de tecnologías de última generación.

El transporte automotor es el principal responsable de las emisiones del subsector transporte. Más del 50 % de la flota vehicular presenta una situación técnica deficiente, debido al régimen de explotación excesivo al que es sometido como consecuencia de la poca disponibilidad de vehículos, el mal

estado de las vías, la carencia de piezas de repuesto y la no periodicidad de los mantenimientos.

En 2017, la edad promedio de todo el parque vehicular era de 35.2 años, siendo los más envejecidos los autos, los jeeps y las camionetas. La mayor incidencia en este envejecimiento lo tienen los vehículos particulares. Los paneles, ómnibus y microbuses están alrededor de los 20 años de explotación. En la actualidad, 89 % de los vehículos automotores son equipos tractivos y se encuentran en buen estado de funcionamiento. (Cuadro 1.4).

En general, en Cuba, 99.9 % de los vehículos, consumen gasolina y diésel, solo 0.02 % utiliza otro tipo de carburante (gas, electricidad y otros). La cantidad en cada clase no es homogénea, además de diferenciarse en la norma de consumo. El 69.4 % de la gasolina es consumida por autos y ómnibus, mientras que 69.3 % del diésel se consume en camiones y ómnibus.

Cuadro 1.4 Vehículos tractivos en explotación

Vehículo	%
Autos	29.0
Camión	7.2
Camionetas	2.4
Motos	52.8
Ómnibus	2.3
Paneles	1.8
Cuñas	0.9
Jeep	3.0
Microbús	0.7

Fuente: Datos del Registro de Vehículos, la Aduana.

La transportación de pasajeros por ferrocarril se ha caracterizado por el decrecimiento continuo del parque de equipos, en mal estado técnico por ser de segunda mano y poseer largos años de servicio, con reparaciones diferidas, bajo coeficiente de disponibilidad y un elevado índice de fallos. A partir de 2016 se ha producido una revitalización en este modo de transporte, fundamentalmente con la adquisición de nuevos equipos tractivos y arrastres, lo que favoreció el incremento del nivel de actividad del sector en la transportación de pasajeros y carga, respectivamente. El incremento de aportación del

ferrocarril en el movimiento de las cargas conllevó a una sensible disminución de la misma para el automotor.

El transporte marítimo está subdividido en flota auxiliar de puerto y la de cabotaje. Las naves auxiliares del puerto han sido operadas por alrededor de 23 años como promedio, donde 21 % se halla en mal estado técnico o no operacional. En cuanto a los remolcadores, se han operado por 17 años como promedio. A pesar de su relativo poco tiempo de uso, el deterioro de estos es más severo que en las otras naves. Para la flota de cabotaje se cuenta con 6 buques RO-RO, 12 patanas, 10 de ellas destinadas a la transportación de combustible, y 11 remolcadores. La mayoría de dichos medios presentan un gran deterioro causado por alrededor de 35 años de explotación, sin una reparación adecuada. En el caso de los remolcadores, aunque presentan un estado aceptable, llevan utilizándose más de 40 años, lo que incide en su capacidad técnica.

En el transporte aéreo, actualmente el número de vuelos totales programados publicados por día (llegadas y salidas) es de alrededor de 40, principalmente concentrados durante las horas tempranas de la mañana y al final de la tarde, con escasos vuelos durante el día. La demanda potencial para los vuelos nacionales es alta, especialmente entre turistas extranjeros. Sin embargo, como el número de naves es limitado, no es posible incrementar el tráfico aéreo en las rutas. La flota de operación de la aerolínea Cubana de Aviación está restringida a 6 pequeñas aeronaves operadas para vuelos nacionales/regionales y 3 para vuelos de largas distancias.

Entre las nuevas estrategias del sector del transporte se encuentra la promoción del uso de vehículos eléctricos, con la elaboración de una propuesta para su uso en el período 2020-2030. En estos momentos se explotan 40 ómnibus híbridos (eléctrico-diésel) en la transportación de pasajeros en la capital, del tipo rígido de la firma Yutong. Hoy funcionan con baterías eléctricas dos taxis de la Empresa Taxi Cuba, una flota de 24 paneles de la Empresa Aguas de La Habana y un ómnibus operado por la Empresa de Ómnibus Urbanos de la capital. El proceso de remotorización de los vehículos continua, como una forma de ahorro energético y, por ende, como una medida de mitigación. Además, se trabaja en el incremento de las transportaciones de pasajeros por ferrocarril, a partir de la adquisición de nuevos coches ferroviarios, así como el traspaso de carga del transporte automotor a ferroviario para medianas y largas distancias. Por último, y a escala de proyecto, se implementa un sistema de transporte bajo en carbono para La Habana, lo cual permitirá evaluar y medir los resultados del uso de la energía eléctrica con este fin.

1.10 Estructura política y marco jurídico

En la nueva Constitución de la República de Cuba, proclamada el 10 de abril de 2019, se declara a Cuba como un Estado socialista organizado en forma de República, cuyo idioma oficial es el español y La Habana es su capital. Su sistema económico se basa esencialmente en la propiedad social de todo el pueblo sobre los medios fundamentales de producción. A su vez, reconoce también las propiedades de las cooperativas; de las organizaciones políticas, de masas y sociales; privada; la mixta; de las instituciones y formas asociativas; y la personal.

Los principios fundamentales asentados en la Constitución declaran a Cuba como un Estado de derecho y justicia social, democrático, independiente y soberano, organizado, con todos y para el bien de todos, como república unitaria e indivisible; fundada en el trabajo, la dignidad, el humanismo y la ética de sus ciudadanos para el disfrute de la libertad, la equidad, la igualdad, la solidaridad, el bienestar y la prosperidad individual y colectiva. Otro de los principios constitucionales esenciales dispone que el Estado cubano ejerce soberanía y jurisdicción sobre todo el territorio nacional, integrado por la Isla de Cuba, la Isla de la Juventud, las demás islas y cayos adyacentes; las aguas interiores; el mar territorial; la plataforma continental y la zona contigua en la extensión que fija la ley, de conformidad con el Derecho Internacional. Asimismo, ejerce jurisdicción sobre el espacio aéreo que los cubre y el espectro radioeléctrico; sobre el medioambiente y los recursos naturales del país, tanto vivos como no vivos. Existen 117.6 km², con 17.5 km de costas, usurpados y ocupados por los Estados Unidos de América, donde mantiene, contra la voluntad del pueblo y Gobierno cubanos, una base naval; Cuba no es responsable de las acciones nocivas al medioambiente y al clima que en ese lugar se hagan.

La nueva Constitución, a diferencia de la anterior, incorpora al sistema legal cubano, que la República de Cuba basa las relaciones internacionales en el ejercicio de su soberanía, en función de los intereses del pueblo; en consecuencia promueve la protección y conservación del medioambiente y el enfrentamiento al cambio climático, que amenaza la sobrevivencia de la especie humana, sobre la base del reconocimiento de responsabilidades comunes, pero diferenciadas; el establecimiento de un orden económico internacional justo y equitativo y la erradicación de los patrones irrationales de producción y consumo.

El ejercicio de los derechos y libertades previstos en la Constitución implica responsabilidades, reconoce que todas las personas tienen derecho a disfrutar

de un medioambiente sano y equilibrado. Para ello establece como deber, para el Estado y los ciudadanos cubanos, proteger los recursos naturales, la flora y la fauna del país; velar por la conservación de un medioambiente sano; así como reconoce la vinculación de la economía y la sociedad con el desarrollo sostenible, para hacer más racional la vida humana, y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras.

Lo establecido por la Constitución constituye la base del marco jurídico vigente, del cual, a continuación, se refieren algunos de sus componentes relevantes al enfrentamiento al cambio climático:

- Decreto 179 “Protección, Uso y Conservación de los Suelos y sus Contravenciones” de 19 de febrero de 1993.
- Ley 75 “De la Defensa Nacional” de 21 de diciembre de 1994.
- Ley 81 “Del Medio Ambiente” de 11 de marzo de 1997.
- Ley 85 “Ley Forestal” de 21 de julio de 1998.
- Decreto Ley 190 “De la Seguridad Biológica” de 28 de enero de 1999.
- Decreto 262 “Reglamento para la compatibilización del desarrollo económico-social del país con los intereses de la defensa” de 14 de mayo de 1999.
- Decreto Ley 200 “De las Contravenciones e Infracciones Administrativas en materia de Medio Ambiente” de 22 de diciembre de 1999.
- Decreto Ley 212 “Gestión de la zona costera” de 8 de agosto de 2000.
- Decreto Ley 331, de 30 de junio de 2015.
- Ley 124 “De las Aguas Terrestres” de 14 de julio de 2017 y su Reglamento aprobado por el Decreto 337.
- Ley 129 “Ley de Pesca” de 13 de julio de 2019.

A comienzos del año 2020 se actualizó el Programa Legislativo previsto de la República de Cuba, que incluye entre otras normas, la nueva Ley del Medio Ambiente y un Decreto sobre Cambio Climático.

1.11 Política para el enfrentamiento al cambio climático

En esta Tercera Comunicación Nacional se ha incluido información sobre los documentos más relevantes aprobados en los últimos años, relacionados con el desarrollo del país, visto en el contexto del cambio climático. En particular, han sido considerados: el Plan para el Desarrollo Económico y Social al 2030

(PENDES 2030); la Estrategia Ambiental Nacional 2016-2020; y el Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático.

1.11.1 Cambio climático y Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021

La Política Económica y Social del Partido y la Revolución cuenta con lineamientos que permiten trabajar por un desarrollo sostenible, tomando en consideración el cambio climático. Entre las políticas y lineamientos cuya implementación contribuye a afrontar este reto global en las condiciones de Cuba se encuentran las siguientes:

- La Política de ciencia, tecnología, innovación y medioambiente, en el Lineamiento 107, establece el aceleramiento de la implantación de las directivas y de los programas de ciencia, tecnología e innovación, dirigidos al enfrentamiento del cambio climático, por todos los organismos y entidades, integrando todo ello a las políticas territoriales y sectoriales, con prioridad en los sectores agropecuario, hidráulico y de la salud. También, incrementar la información y capacitación que contribuyan a objetivar la percepción de riesgo a escala de toda la sociedad.
- Los lineamientos 159, 161 y 172 de la Política agroindustrial, están dirigidos a: el desarrollo de una agricultura sostenible con el empleo de una gestión integrada de ciencia, tecnología y medio ambiente, aprovechando y fortaleciendo las capacidades disponibles en el país; sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente, evaluar impactos económicos y sociales de eventos extremos, ejecutar programas para la conservación, rehabilitación y uso racional de recursos naturales; y, el desarrollo de un programa integral de mantenimiento, conservación y fomento de plantaciones forestales que priorice la protección de las cuencas hidrográficas, en particular las presas, las franjas hidrorreguladoras, las montañas y las costas.
- En la Política industrial y energética, el Lineamiento 180 se refiere a definir una política tecnológica que contribuya a reorientar el desarrollo industrial, que comprenda el control de las tecnologías existentes en el país, a fin de promover su modernización sistemática, observando los principios de la Política medioambiental del país. Asimismo, el Lineamiento 204 está dirigido a acelerar el cumplimiento del Programa aprobado hasta 2030 para el desarrollo de las fuentes renovables y el uso

eficiente de la energía. Por último, el Lineamiento 208 establece proyectar el sistema educativo y los medios de comunicación masiva en función de profundizar en la calidad e integralidad de la política enfocada al ahorro y al uso eficiente y sostenible de la energía;

- El Lineamiento 217 de la Política para el transporte llama a continuar la recuperación, modernización, reposición y reordenamiento del transporte automotor tanto estatal como no estatal, lo cual contribuye a la mitigación del cambio climático. También el Lineamiento 220, dirigido a impulsar el programa de recuperación y desarrollo del ferrocarril dentro del proceso inversionista del país, tendrá un efecto similar al impulsar los medios masivos de transportación.
- La Política de recursos hidráulicos, en su Lineamiento 239, establece continuar desarrollando el programa hidráulico con inversiones de largo alcance para enfrentar el impacto del cambio climático y materializar las medidas de adaptación: la reutilización del agua; la captación de lluvia; la desalinización del agua de mar y la sostenibilidad de todos los servicios asociados, que permita alcanzar y superar los objetivos de desarrollo sostenible. Además, el Lineamiento 244 de esta política está dirigido a modernizar la red de monitoreo del ciclo hidrológico y la calidad del agua, que contribuya al fortalecimiento del sistema de alerta temprana para la mitigación y enfrentamiento a los eventos extremos del clima y afectaciones epidemiológicas.

1.11.2 La Estrategia Ambiental Nacional 2016-2020

Como se expuso antes, entre los principales problemas ambientales reconocidos en la Estrategia Ambiental se reconocen los impactos del cambio climático. Al respecto, como objetivos específicos y líneas de acción priorizadas comprende:

- Incrementar la capacidad de adaptación y mitigación de los sectores de la economía y los servicios, así como de la sociedad cubana en general.
- Incorporación de la dimensión de la adaptación a los programas, planes y proyectos, con particular atención a la producción de alimentos, el manejo integral del agua, los bosques, la pesca, el turismo, la salud y los asentamientos humanos.
- Evaluación e incorporación de la mitigación de la emisión de gases de efecto invernadero en los programas, planes y proyectos inversionistas.

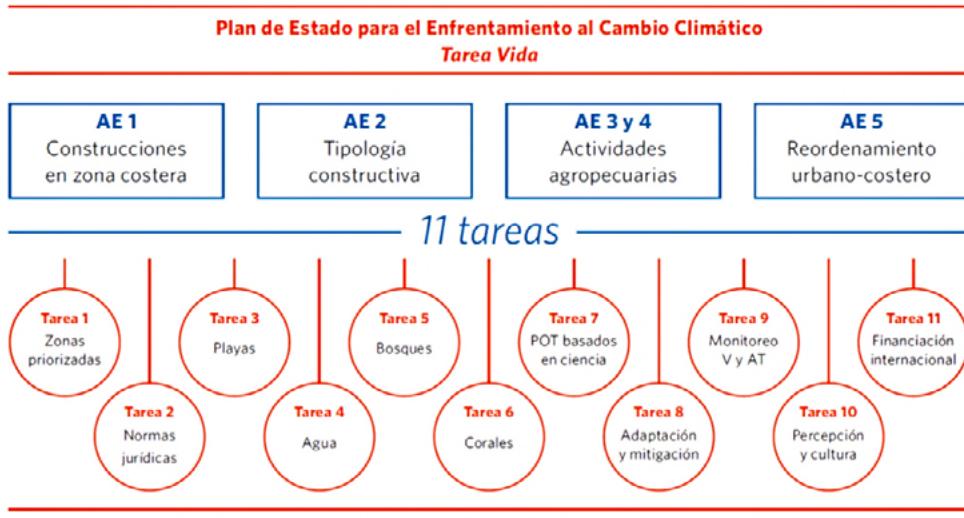
- Ejecutar investigaciones e introducir sus resultados dirigidos a apoyar la política de enfrentamiento al cambio climático.
- Disminuir la vulnerabilidad de los ecosistemas y sectores priorizados ante los efectos del cambio climático.
- Fortalecimiento de los sistemas de monitoreo, vigilancia y alerta temprana para evaluar sistemáticamente el estado y calidad de la zona costera, el agua, el bosque y la salud humana, animal y vegetal.
- Incrementar la percepción sobre los impactos del cambio climático en todos los niveles de la sociedad cubana, así como la participación en torno a las acciones dirigidas al enfrentamiento al cambio climático y la introducción de la percepción sobre los impactos del cambio climático como dimensión de planes y programas nacionales, sectoriales y locales, con énfasis en procesos de divulgación y educación ambiental.

1.11.3 Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático

En el año 2015, bajo la coordinación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (Citma) se inició un proceso de actualización de los documentos para el enfrentamiento al cambio climático ya aprobados por el Consejo de Ministros. Como resultado de las conciliaciones previas, 11 Organismos de la Administración Central del Estado (OACE) y entidades nacionales (EN) identificaron un grupo de acciones a ejecutar hasta 2020.

A partir de lo anterior, el 5 de enero de 2016 la Comisión Económica Financiera analizó una propuesta de nuevas directivas y un primer estimado del monto total de recursos para implementarlas. El Citma elaboró y remitió a la Secretaría del Consejo de Ministros los anteproyectos que actualizan las normas jurídicas vinculadas: un nuevo Decreto-Ley de Costas con su Reglamento; un Decreto- del Enfrentamiento al Cambio Climático; la fundamentación para modificar la Ley No. 81/1997 Del Medio Ambiente, y abordar de forma consecuente el cambio climático, entre otras cuestiones. Como ya se comentó, estas normas son partes del Programa Legislativo del País, y está previsto que comience el proceso de aprobación a partir de 2021.

El Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático, denominado Tarea Vida (TaVi), constituye un plan de acción integral, conformado por cinco acciones estratégicas (AE) y once tareas (Figura 1.23). Las tareas están dirigidas a la solución a corto, mediano y largo plazos de problemas ambientales, sociales y económicos específicos, que están relacionados con vulnerabilidades, la mitigación y la adaptación al cambio climático.



Siglas utilizadas: AE: Acciones Estratégicas / POT: Planes de Ordenamiento Territorial / V: Vigilancia / AT: Alerta Temprana

Figura 1.23. Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático. *Fuente: Rey, 2019.*

De los asentamientos costeros vulnerables se ocupan las acciones estratégicas 1, 3 y 5, que orientan, sucesivamente, no permitir las construcciones de nuevas viviendas en los asentamientos costeros amenazados en los cuales se pronostica su desaparición por inundación permanente y los más vulnerables. Además, reducir la densidad demográfica en las zonas bajas costeras (AE 1); desarrollar concepciones constructivas en la infraestructura, adaptadas a las inundaciones costeras para las zonas bajas (AE 2) y a la planificación de los procesos de ordenamiento urbano de los asentamientos e infraestructuras amenazadas, comenzando por medidas de menor costo, como soluciones naturales inducidas (recuperación de playas, reforestación) -AE 5. (Figura 1.24).

Las 11 tareas del Plan son también de carácter estratégico. La Tarea No. 1 da cumplimiento a la indicación de priorizar zonas vulnerables, y al respecto indica “Identificar y acometer acciones y proyectos de adaptación al cambio climático, de carácter integral y progresivos, necesarios para reducir la vulnerabilidad existente en las 15 zonas identificadas como priorizadas en el Anexo; considerando en el orden de actuación la población amenazada, su seguridad física y alimentaria y el desarrollo del turismo”. Se trata de medidas para la protección costera de las ciudades, relocalización de asentamientos humanos, recuperación integral de playas, manglares y otros ecosistemas naturales protectores, obras hidráulicas y de ingeniería costera, entre otras.

República de Cuba. Tercera Comunicación Nacional a la CMNUCC

	Sustento sólido de la ciencia	Todas las acciones se fundamentan en los resultados de la ciencia y la técnica y en la experiencia acumulada en la gestión de los recursos humanos, sociales y naturales del país
	Impacto transformador	Fortalece la acción climática nacional, tanto en adaptación como en mitigación, superando ampliamente el alcance de las políticas previas en la materia
	Inclusión y co-beneficios para el desarrollo sostenible	Involucra a la sociedad cubana y sus actores económicos y sociales. Su implementación se enmarca en la legislación del país y en las políticas para un desarrollo próspero y sostenible, con una visión a corto, mediano y largo plazo, que se prevé hasta el 2100.
	Replicabilidad y escalabilidad	Tiene un alcance nacional, con adecuaciones sectoriales y territoriales. Los estudios que avalan las medidas de mitigación y adaptación, y el monitoreo permanente de las experiencias, garantizan la replicabilidad, escalabilidad y el perfeccionamiento de los resultados.
	Medible e implementable	Se cuenta con un mecanismo de inventario y control, establecido en todos los niveles del gobierno desde la máxima jerarquía. Existe un Sistema Nacional de Inventario de Gases de Efecto de Invernadero por fuentes de emisión y se trabaja actualmente en el desarrollo de un Sistema de Indicadores y Mecanismos de Medición, Registro y Verificación (MRV).
	Innovativo y visible	Una política de comunicación supervisada por el más alto nivel de gobierno garantiza la transparencia del proceso y su amplia divulgación por diversos medios. Su carácter innovador está dado por su avanzado contenido científico técnico y la transferencia de tecnología.
	Perfectible	El monitoreo, supervisión y análisis permanente de la implementación, la existencia de programas de ciencia que cubren los vacíos en el conocimiento y las sinergias en la implementación con los cambios en los modelos de gestión económica y territorial que se vienen aplicando en Cuba, hacen que la Tarea Vida sea dinámica en el tiempo y que se acomode a cada momento del desarrollo del país.

Figura 1.24 Rasgos distintivos de la Tarea Vida. Fuente: Rey, 2019.

Las Tareas siguientes se ocupan del marco legal (Tarea 2), las playas (Tarea 3), la disponibilidad y uso eficiente del agua (Tarea 4), la reforestación (Tarea 5), los arrecifes de coral (Tarea 6), el ordenamiento territorial y urbano (Tarea 7), el fortalecimiento de los sistemas de monitoreo, vigilancia y alerta temprana (Tarea 9), la elevación de la percepción del riesgo, el aumento del nivel de conocimiento y el grado de participación de toda la población (Tarea 10), y la búsqueda de financiamiento internacional. (Tarea 11).

De particular complejidad resulta la Tarea 8 que se refiere a “Implementar y controlar las medidas de adaptación y mitigación del cambio climático derivadas de las políticas sectoriales en los programas, planes y proyectos vinculados a la seguridad alimentaria, la energía renovable, la eficiencia energética, el ordenamiento territorial y urbano, la pesca, la agropecuaria, la salud, el

turismo, la construcción, el transporte, la industria y el manejo integral de los bosques”.

Los elementos de la Tarea Vida están diseñados con una visión estratégica y carácter general. El proceso de implementación ocurre a través de los planes sectoriales y territoriales, y su articulación con los planes de desarrollo económico y social.

1.11.4 La Contribución Nacionalmente Determinada

Cuba es parte de los principales acuerdos climáticos internacionales, en los cuales participa activamente. Al suscribir estos instrumentos internacionales, Cuba adquiere las responsabilidades que derivan de lo dispuesto en ellos.

Bajo el Acuerdo de París, el cual ratificamos el 28 de diciembre de 2016, todos los países se comprometieron a presentar sus aportes (contribuciones), en el enfrentamiento global al cambio climático. Lo que cada país declare es una decisión nacional, por eso se les llama a estas contribuciones “nacionalmente determinada”. No obstante, dada la gravedad del problema climático global, se espera que estas contribuciones sean lo más “ambiciosas” posible, entendiendo en ese sentido que el país se comprometa con las mayores metas que permitan sus circunstancias nacionales.

Se espera también que los países desarrollados adquieran los compromisos más “ambiciosos”, como responsables históricos del problema climático y respondiendo a la aplicación del principio conocido como “Responsabilidades comunes pero diferenciadas”.

Aunque las contribuciones nacionales son parte del Acuerdo de París, en realidad su presentación comenzó antes de que este se adoptara, como parte de un proceso iniciado a finales de 2014, para impulsar la adopción final de este Acuerdo.

En ese sentido, Cuba presentó lo que en ese momento era su propuesta de Contribución Nacionalmente Determinada el 23 de noviembre de 2015. En esta se define la adaptación como la prioridad principal, debido al impacto negativo del cambio climático sobre sus ecosistemas naturales y humanos y dado el bajo nivel de emisiones de Gases de Efecto de Invernadero (GEI) en el país. No obstante, se formularon ambiciosos compromisos de mitigación, enfocados sobre todo en la expansión de las energías renovables, al tiempo que se incorporaron también metas referidas a la eficiencia energética.

1.12 Arreglos institucionales

Al igual que en los aspectos anteriores, la preparación de esta sección siguió como pauta las sugerencias del Manual del Usuario para las Directrices sobre Comunicaciones Nacionales de las Partes no-Anexo I de la CMNUCC (UNFCCC, 2004), junto con las experiencias nacionales recopiladas en los dos procesos similares anteriores. En este acápite se abordan los arreglos institucionales de carácter general; detalles específicos relacionados con los componentes de la Comunicación aparecen en los capítulos correspondientes a cada uno.

En consecuencia, durante el período que va desde la conclusión de la SCN hasta el inicio de la 3CN se consolidó y profundizó la buena práctica de concebir el trabajo en un ciclo continuo, ininterrumpido. Este rasgo particulariza al proceso en Cuba y constituye una fortaleza y una oportunidad en el enfrentamiento al cambio climático, sobre la base de las peculiaridades socioeconómicas y medioambientales nacionales y las prioridades del desarrollo trazadas por el Estado cubano. Constituye una pieza clave en la sostenibilidad de las acciones para dar una respuesta nacional coherente al afrontar este desafío a escala global.

Otro aspecto distintivo del proceso preparatorio de las comunicaciones nacionales en Cuba es la relevancia que se le concede al conocimiento científico y la creación de capacidades, como herramienta educativa. El ejercicio no solo reside en elaborar un informe, sino que está acompañado de la preparación técnica del equipo, la recopilación de aportes de la ciencia cubana y su transmisión a diferentes públicos. El objetivo final que se persigue es lograr una mayor percepción de las implicaciones del cambio climático para el país, la región y a escala global, y una asimilación consciente de ellas, en función de lograr su combate de manera más efectiva por parte de toda la sociedad.

Por último, la unidad de acción, el trabajo en redes y el funcionamiento articulado de los actores concurrentes en el proceso es el tercer principio sobre el cual se basa la preparación de las comunicaciones. En el capítulo relacionado con *Otra información que se considere pertinente para el logro del objetivo de la Convención* se ofrece información ampliada sobre las acciones concretas que responden a estos principios en Cuba.

Para la elaboración del reporte de 3CN y del Primer Informe Bienal de Actualización (IBA), también conocido como BUR, en inglés¹², se contó con

¹² BUR: Biennial Update Report.

el soporte del proyecto GEF/PNUD de referencia, junto con su contraparte nacional, diseñados para cubrir desde el punto de vista financiero las necesidades del trabajo.

Dado el alcance vertical y horizontal del proyecto, se establecieron 3 niveles de funcionamiento, definidos para la toma de las decisiones de mayor alcance, en el ámbito técnico y en la coordinación de otros proyectos internacionales financiados e implementados por PNUD, como sigue:

- Comité Nacional Directivo: integrado por GEF-PNUD (financista-agencia implementadora), Mincex (órgano de relación), Citma-AMA-Instituto de Meteorología/Cubaenergía/Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, con sede en la Universidad de La Habana (FLACSO-UH), como encargados de ejecutar el proyecto (Entidad Nacional de Ejecución). Se convoca al menos una vez anualmente.
- Comité Técnico de Coordinación: encabezado por el Instituto de Meteorología (representante del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente-Citma ante el proyecto GEF/PNUD), acompañado por Cubaenergía (encargada del componente de mitigación, coordinador de los IBA y actor cardinal en el mecanismo de MRV-medición, reporte y verificación) y FLACSO-UH (aportó la visión social y de género transversalmente dentro de la 3CN, en respuesta a uno de los vacíos detectados en la SCN). Constituido por el jefe y el administrador del proyecto, los coordinadores de los componentes tributarios al reporte y otros integrantes clave para la conducción operativa y el apoyo logístico de las acciones. Se reúne al menos dos veces al año.
- Mesa de Coordinación: estructura que se convoca sistemáticamente (en dos ocasiones en el año), bajo el amparo de la 3CN en su condición de proyecto sombrilla de las iniciativas de investigación, gestión, fortalecimiento de capacidades u otras acciones en el país, tributarias al cambio climático. Su objetivo es sintetizar el aporte de dichos proyectos en temas como la reducción de la vulnerabilidad, medidas de mitigación, adaptación y sus consideraciones al respecto, con vistas a su inclusión en el reporte y a una publicación especial con esas contribuciones, a la escala de trabajo de cada proyecto.

Una coordinación importante resultó la estrategia conjunta de trabajo de la 3CN con el Grupo de Cambio Climático coordinado por el Citma, específicamente con su Secretaría. Su objetivo fue garantizar el acceso a decisores a diferente nivel de las publicaciones disponibles sobre el tema, el intercambio

de documentos y sinergias de acciones, más reuniones conjuntas en temas como GEI-mitigación y adaptación. En este contexto, vale destacar también los puntos de contacto del proyecto con el Plan de Estado TaVi, con acciones coordinadas de aporte de conocimientos y de orden práctico en el enfrentamiento al cambio climático.

Por último, el proceso de preparación, consulta y aprobación del informe final de 3CN y primer IBA mantuvo la dinámica anterior, pero reforzando el papel de los equipos de expertos en la preparación de los documentos y de los Organismos de la Administración Central del Estado responsables de los sectores productivos y de otras áreas incluidas en la Comunicación. La consulta del documento final también se extendió a la sociedad civil, con la participación de diversas organizaciones no gubernamentales.

1.13 Resumen de las Circunstancias Nacionales

En la tabla 1.8 se muestra un resumen de los indicadores socioeconómicos de significativa relevancia para los años del 2013 al 2018.

Tabla 1.8 Principales indicadores socioeconómicos

Indicador	Años					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Población residente (M hab)	11 210 064	11 238 317	11 239 004	11 239 224	11 221 060	11 209 628
Extensión superficial (M km ²)	109 884	109 884	109 884	109 884	109 884	109 884
Densidad poblacional (habitantes/km ²)	102.0	102.3	102.3	102.3	102.1	102.0
Tasa anual de crecimiento de la población (por mil habitantes)	3.3	2.5	0.1	0.0	-1.6	-1.0
Porcentaje de la población urbana (%)	76.8	76.8	76.9	76.9	77.0	77.0
Variación del PIB a precios constantes de 1997 (%)	2.7	1.0	4.4	0.5	1.8	2.2
PIB por habitantes a precios constantes de 1997 (pesos/habitantes)	4 614.0	4 693.4	4 849.2	4 874.0	4 969.0	5 085.0

Superficie agrícola cultivada (M ha)	2 645.8	2 668.7	2 733.6	2 733.5	2 765.2	2 765.2
Patrimonio forestal (M ha)	3 402.3	3 969.1	4 001.7	4 093.1	4 093.6	-
Cobertura forestal (%)	28.9	29.8	30.6	31.1	31.2	31.5
Esperanza de vida al nacer (años)	78.5	-	-	-	-	78.45
Tasa de mortalidad infantil (por mil nacidos vivos)	4.2	4.2	4.3	4.3	4.0	4.0
Envejecimiento de la población (%)	18.7	19.0	19.4	19.8	20.1	20.4
Índice de bajo peso al nacer	5.1	5.3	5.3	5.2	5.1	5.3
Habitantes por médico (habitantes/médicos)	133.0	130	128	125	122	118
Tasa neta de matrícula en la enseñanza primaria (%)	99.3	99.0	99.5	99.5
Tasa de alfabetización en la población de 25 años y más (%)	99.8

**Tercera Comunicación Nacional a la Convención
Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático**

CAPÍTULO 2. INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

2.1 Introducción

Los reportes claves para presentar los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), son las comunicaciones nacionales (CN); y, a partir de 2014, los Informes Bienales de Actualización (IBA), que deben ser presentados cada dos años.

Dando cumplimiento al Artículo 4, párrafo 1a y al Artículo 12, párrafo 1a de la CMNUCC, Cuba ha presentado, en el marco de dos comunicaciones nacionales, el reporte de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero para los años pares de la serie 1990-2002, con sus actualizaciones correspondientes. (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Inventarios Nacionales de GEI presentados a la CMNUCC

Reporte	Año	Años incluidos en inventario GEI
Primera Comunicación Nacional	2001	1990 y 1994
Segunda Comunicación Nacional	2015	Años pares de la serie 1990-2002 (actualizaciones de 1990 y 1994)

En la Conferencia de las Partes COP16 con el propósito de reportar los avances en la implementación de los objetivos de la CMNUCC se estableció que “*los países en desarrollo deben entregar Informes Bienales de Actualización (IBA) con información actualizada sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*”¹³. Posteriormente, en la COP17 se definió que “*los países*

¹³ Decisión 1, párrafo 60(c) del Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 16.^º período de sesiones, celebrado en Cancún del 29 de noviembre al 10 de diciembre de 2010.

en desarrollo deberían presentar su primer IBA [...] abarcando, como mínimo, un año civil anterior en no más de cuatro años a la fecha de presentación”¹⁴.

Para la elaboración de estos documentos, los equipos técnicos de los países signatarios de la Convención se basan en las siguientes guías metodológicas:

- Directrices para la elaboración de las Comunicaciones Nacionales de las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención. (Anexo de la Decisión 17/CP.8).
- Directrices de la Convención para los IBA de las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención. (Anexo III de la Decisión 2/CP.17).

Cuba, simultáneamente con su 3CN, presenta su primer IBA, que incluye el INGEI para el año 2016 y la serie 1990-2016. El INGEI se elaboró siguiendo las Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Directrices del IPCC 2006), según la disponibilidad de datos de actividad para los cálculos y siguiendo los principios de transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad y exactitud.

En este capítulo se describe el proceso llevado a cabo para la elaboración del INGEI, la metodología empleada, los resultados de las emisiones y absorciones de GEI de origen antropogénico no controlados por el Protocolo de Montreal en todo el territorio, así como las actualizaciones y mejoras incorporadas, respecto a reportes anteriores, entre otros aspectos relacionados con los inventarios nacionales de GEI.

En el primer IBA del país, también se incluye un reporte de este capítulo para la misma serie de tiempo y un abordaje más amplio del INGEI.

2.1.1 Arreglos institucionales para la elaboración del inventario

En el componente Circunstancias Nacionales han sido explicados los arreglos institucionales generales para la preparación de esta Comunicación Nacional. A continuación, se detallan otros, específicos para el INGEI, dado el carácter de sistema nacional que en Cuba tiene este proceso, que tributa también al IBA y al Sistema Gubernamental de Información y Estadísticas.

Desde mediados de la década del noventa, el Insmet coordina la elaboración y presentación del INGEI, bajo la responsabilidad del “Equipo Técnico de

¹⁴ Decisión 1, párrafo 41(a) Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 17.^º período de sesiones, celebrado en Durban del 28 de noviembre al 11 de diciembre de 2011.

Gases de Efecto Invernadero” (ETGEI). Este equipo lo lidera un Coordinador General y está integrado por expertos del Insmet y de los equipos de trabajo de cada sector involucrado en el inventario. Responde por la elaboración, verificación, validación, y actualización sistemática del INGEI, la preparación de los informes para las comunicaciones nacionales y los IBA, y por la entrega de la información que requiera el Sistema Nacional de Información y Estadística.

Las instituciones que participan en la elaboración del INGEI pertenecen a los ministerios relacionados con los sectores que generan las emisiones y las absorciones de GEI; también participan autoridades ambientales, instituciones públicas, académicas y productivas. Entre los participantes es relevante la Oficina Nacional de Estadística e Información, institución transversal para todos los sectores, que compila y certifica los datos oficiales del país.

Las instituciones involucradas en el INGEI proveen datos de actividad, así como datos paramétricos y otra información necesaria para las estimaciones. Por otra parte, contribuyen con juicio de expertos, certificación de datos y revisión de los informes, como parte del control de la calidad, exhaustividad y transparencia requeridos. Lo anterior permite refinar las estadísticas nacionales y determinar factores de emisión propios de país.

Los sectores incluidos en el inventario, según las Directrices del IPCC 2006, son: Energía; Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU); Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU, en inglés) y Desechos. Los arreglos institucionales del INGEI se muestran en la figura 2.1.

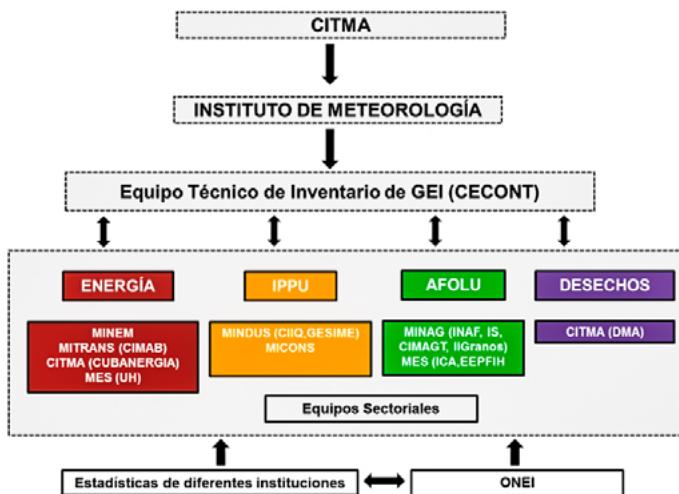


Figura 2.1 Arreglos institucionales para la elaboración del INGEI en Cuba.

2.1.2 Metodología y fuentes de información

Este INGEI ha sido realizado para la serie 1990-2016, basado en las Directrices del IPCC 2006, incluyendo el análisis de las categorías principales, la evaluación de la incertidumbre y de la exhaustividad. Para la estimación de la incertidumbre se tienen en cuenta las Directrices de Buenas Prácticas del 2000 (GPG, 2000). La implementación de las Directrices del IPCC 2006 constituye un paso significativo respecto a reportes anteriores, en los cuales se seguían fundamentalmente las Directrices Revisadas del IPCC 1996.

Se incluyen las emisiones y absorciones nacionales anuales de la serie 1990-2016 para los cuatro sectores contemplados en las Directrices del IPCC 2006.

Metodología

Las metodologías utilizadas para compilar la información de cada sector son comparables, permitiendo que también lo sean los resultados obtenidos. En cada sector se incluyeron las categorías y subcategorías fuentes de emisiones y absorciones existentes en el país, con un nivel de detalle que permitió realizar las estimaciones correspondientes al nivel de desagregación de las Directrices del IPCC 2006. Algunas categorías y subcategorías no fueron estimadas por la falta de datos de actividad.

Tomando en consideración la disponibilidad de datos de actividad, la información sobre los factores de emisión y los parámetros necesarios para las estimaciones, se aplicaron, fundamentalmente, métodos de Nivel 1, con factores de emisión por defecto y datos de actividad generados por instituciones nacionales. En algunas fuentes se aplicaron métodos de Nivel 2, con factores de emisión propios de país y por defecto. Estos métodos de estimación son:

Método de Nivel 1: es el “método por defecto”, la instancia metodológica más simple, aplicable cuando no se cuenta con datos de actividad propios o factores de emisión específicos. Si bien el método Nivel 1 permite hacer el cálculo, tiene el riesgo de que las circunstancias nacionales no sean debidamente reflejadas.

Método de Nivel 2: se basa en el mismo procedimiento metodológico del Nivel 1, pero con factores de emisión o datos de actividad paramétricos propios del país o de una región. Con este método es altamente probable que las

estimaciones de absorciones y emisiones de GEI sean más precisas, por lo cual esta opción debiera aplicarse a las categorías principales.

Método de Nivel 3: corresponde a métodos específicos de un país (modelos, mediciones in situ, censos, y otros), cuya aplicación se recomienda siempre que hayan sido debidamente validados.

Los cálculos se realizaron a partir de la ecuación base que se muestra a continuación, utilizando el software del IPCC del 2006 versión 2.18¹⁵ y hojas de cálculo desarrolladas por el ETGEI, en función de las del IPCC de 2006.

La ecuación base para el cálculo de las emisiones de GEI está dada por:

$$\text{Emisiones} = \text{Datos Actividad (DA)} * \text{Factor de Emisión (FE)}$$

Tras estimar las emisiones y absorciones de cada GEI en las diversas fuentes, se reportan los valores de GEI en forma agregada, expresados en dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq). Fueron usados los Potenciales de Calentamiento Global (PCG o GWP, en inglés), proporcionados por el IPCC en su Segundo Informe de Evaluación de 1995 (SAR, en inglés), que se basan en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de cien años. El Cuadro 2.1 muestra los PCG para los tres GEI estimados en el INGEI.

Cuadro 2.1 Potenciales de calentamiento global directos de los GEI

Gas	Potencial de calentamiento global
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	21
Óxido Nitroso (N ₂ O)	310

Potencial a 100 años, usados en el INGEI de Cuba, serie 1990-2016.

Fuente: Segundo Informe de Evaluación del IPCC. (SAR, 1995).

Datos de actividad

Los datos de actividad provienen de las diferentes fuentes de los sectores contenidos en el INGEI. La información primaria utilizada proviene de los

¹⁵ Developed by SPIRIT Inc., Bratislava, Slovak Republic, January 2013. Supervised by Technical Support Unit of the IPCC Task Force on National Greenhouse Gas Inventories.

Anuarios Estadísticos publicados por la ONEI. Sin embargo, en la actualidad, estos datos cubren solamente una parte de la información necesaria para realizar las estimaciones, por lo que se incluyó información aportada directamente, y debidamente certificada, por los ministerios e instituciones, que no son publicadas por la ONEI. La tabla 2.2 contiene la descripción general de las principales fuentes de información para cada sector.

Partidas informativas

En el sector Energía, también se estimaron los elementos recordatorios (bunkers de combustible internacional) y los elementos informativos (emisiones de CO₂ por quema de biomasa).

2.1.3 Factores de emisión

Los factores de emisión utilizados en su mayoría, fueron por defecto de Nivel 1, tomados de las Directrices del IPCC de 2006.

Sector Energía. Para el cálculo de las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, para las subcategorías del grupo 1.A Quema de combustibles y las subcategorías del grupo 1.B Emisiones Fugitivas, se emplearon factores de emisión por defecto de Nivel 1. Se han realizado estudios de factores de emisión propios para los combustibles en el país, pero no han sido debidamente revisados, por lo que se utilizaron los factores de las Directrices del IPCC 2006. Para el próximo ciclo del INGEI, se utilizarán los factores de emisión propios por tipo de combustible.

Sector IPPU. Los factores de emisión empleados en este sector pertenecientes a las categorías 2.A. Industria de los Minerales, 2.B. Industria Química y 2.C. Industria de los metales, fueron por defecto de las Directrices del IPCC 2006, tanto para Nivel 1 como para Nivel 2. Solamente en el caso de las emisiones relacionadas con la subcategoría 2.A.1 producción de cemento, fue posible obtener un factor de emisión propio para cada año de la serie, aplicándose un método de Nivel 2.

Sector AFOLU. Se utilizaron fundamentalmente factores de emisión por defecto, de las Directrices del IPCC 2006. Sin embargo, para la subcategoría 3.A.1 Fermentación entérica, se utilizaron factores de emisión propios, determinados mediante juicio de expertos en Cuba y de expertos internacionales.

Sector Desechos. Para este sector se utilizó el método de descomposición de primer orden (FOD, en inglés) de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, manteniendo algunos parámetros por defecto y agregando datos específicos de país. Para el caso de las aguas residuales, tanto domésticas como industriales, se utilizaron factores de emisión por defecto, de las Directrices del IPCC 2006.

Tabla 2.2 Principales fuentes de información del INGEI. Serie 1990-2016

Sector	Datos de Actividad	Fuentes de Información
1. ENERGÍA	Consumo y producción nacional de combustibles	ONEI a partir de datos del MINEM
	Producción, oferta interna y consumos nacionales de todos los combustibles por sectores económicos del país incluidos en el Balance Energético Nacional (BEN)	ONEI, MINEM
	Consumo de combustibles en la Generación eléctrica	CUBAENERGIA
2. IPPU	Producción nacional de clinker	MICONS
	Producción nacional de cal	ONEI
	Producción nacional de vidrio*	MINDUS
	Producción nacional de Amoníaco	CIIQ
	Producción nacional de Ácido Nítrico	
	Producción nacional de Carburo de Calcio *	ONEI
	Producción de acero por acerías	GESIME
3. AFOLU	Cal aplicada en suelos del MINAG	Instituto de Suelos (MINAG)
	Urea aplicada en suelos administrados por el MINAG	
	Población animal	ONEI a partir de datos del MINAG
	Superficie de cultivos	
	Producción de fertilizantes nitrogenados	ONEI
	Área cubierta de bosques	INAF a partir de datos del GAF

Tabla 2.2 (continuación)

Sector	Datos de Actividad	Fuentes de Información
4. Desechos	Población nacional	ONEI
	Generación de desechos sólidos	ONEI a partir de datos de la Empresa de Servicios Comunales (MEP)
	Consumo de proteínas por habitante	Base de datos de la FAO
	Manejo de aguas residuales industriales	ONEI a partir de datos del MINDUS
	Sistemas de manejo de aguas residuales tanto domésticas como industriales	ONEI a partir de datos del INRH

(*) Para la producción de vidrio y de carburo de calcio se estimaron las emisiones solamente hasta el año 2004. No hay datos de actividad en el resto de los años.

En la Tabla A 1 del Anexo A se muestran los métodos utilizados y las fuentes de los factores de emisión y de datos de actividad de los GEI estimados.

2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

La información sobre incertidumbres no está destinada a disputar la validez de los estimados del inventario, sino para ayudar a priorizar los esfuerzos para mejorar la seguridad de este en el futuro y guiar las decisiones acerca de las elecciones metodológicas.

Aunque, para la mayor parte de los países y las categorías de fuentes, los estimados de emisiones de gases de invernadero son razonablemente seguros, los reportes del inventario preparados utilizando las Directrices del IPCC 2006, normalmente contienen un amplio rango de estimados de emisiones, con diferente grado de calidad.

Según las Directrices del IPCC 2006 y sus orientaciones sobre buenas prácticas y gestión de incertidumbre, la propagación de error (Método 1) y el método de Montecarlo (Método 2) son los más utilizados para la estimación de la incertidumbre de emisiones.

Para la serie temporal del INGEI reportada en la 3CN y en el IBA, se utiliza el Método 1 de propagación de errores, que supone que éstos son pequeños y simétricos. Los cálculos matemáticos que se realizan con este método suelen ser complejos y, por tanto, son propensos a errores.

En la sección 2.4 se presenta el resultado del análisis de la estimación de las incertidumbres para este INGEI.

2.1.5 Análisis de categorías claves

Las Directrices del IPCC 2006 establecen dos criterios para la identificación de categorías claves. Cada uno contempla dos análisis:

- La evaluación de la influencia de las emisiones por categorías, con respecto a las emisiones totales en el último año del inventario.
- La evaluación de tendencia, con la que se estima el aporte de las variaciones en las emisiones por categoría, como consecuencia del cambio de emisiones o absorciones totales, entre el último año y un año de referencia.

Existen dos métodos (Tabla 2.3) para cada criterio de evaluación (el Método 2, a diferencia del 1, integra en el análisis el valor de la incertidumbre como criterio de selección).

Para la selección de las categorías claves del inventario para la serie 1990-2016, se llevaron a cabo los cuatro análisis disponibles, apoyados en la herramienta de cálculo para categorías claves, versión 2.5, desarrollada por la Environment Protection Agency (EPA) con base de las Directrices del IPCC 2006¹⁶. En la sección 2.5 se muestra un análisis más detallado de las categorías claves.

Tabla 2.3 Métodos y ecuaciones para la determinación de categorías clave

Método 1	Nivel	Ecuación 4.1, volumen 1, capítulo 4. Evaluación de Nivel (Método 1)
	Tendencia	Ecuación 4.2, volumen 1, capítulo 4. Evaluación de Tendencia (Método 1)
Método 2	Nivel	Ecuación 4.4, volumen 1, capítulo 4. Evaluación de Nivel (Método 2)
	Tendencia	Ecuación 4.5, volumen 1, capítulo 4. Evaluación de Tendencia (Método 2)

Fuente: Equipo Técnico de INGEI con base en las Directrices del IPCC 2006.

¹⁶ Disponible en: <https://www3.epa.gov/climatechange/Downloads/EPAactivities/Herramientas%20de%20c%C3%A1lculo%20de%20categor%C3%ADas%20principales%20v2.5.xls>.

2.1.6 Procedimientos de control y aseguramiento de la calidad

El sistema de control y aseguramiento de la calidad es aún primario y se encuentra en proceso de construcción. No obstante, para la elaboración del correspondiente a la serie 1990-2016, se han llevado a cabo acciones encaminadas a mejorar y establecer una ruta de trabajo que garantice la permanencia en el tiempo del análisis, la gestión y el aseguramiento de la calidad. Estos procesos de control y aseguramiento de la calidad (QA/QC, en inglés) dotan al inventario de una mayor consistencia y certidumbre en sus resultados. El control y el análisis están dirigidos a mejorar la calidad de entrada de los datos de actividad y a la verificación de los factores de emisión utilizados.

Es un proceso continuo que comienza con el examen de las categorías estimadas y no estimadas. Las categorías que no se han podido estimar para este INGEI, por falta de datos de actividad o por carencia de metodologías apropiadas, se reportan en la Tabla A 2 del Anexo A.

Como parte del proceso de control de calidad, los informes de cada sector, elaborados por el ETGEI, se compartieron con expertos sectoriales, con el objetivo de esclarecer y revisar las estimaciones realizadas. Este proceso contribuyó a mejorar la calidad de los informes, a certificar la información contenida en los mismos y a la presentación de los resultados en la 3CN.

2.2 Tendencia de emisiones agregadas por sectores. Serie 1990-2016

Las emisiones totales brutas en 2016, se contabilizaron en 50 213.7 kt de CO₂ eq. (Tabla 2.4 y Figura 2.2). Las absorciones de CO₂ fueron de 27 147.2 kt, dando como resultado unas 23 066.5 Kt CO₂ eq de emisiones netas (Tabla 2.5 y Figura 2.3), disminuyendo en 39.7 % respecto a 1990 y en 4.7 % desde 2014.

La figura 2.4 ilustra el total de emisiones del año 2016 y la participación por sectores en estas. Más de la mitad de las emisiones de GEI (70.5 %) corresponden al sector Energía que, junto con las de las categorías de Agricultura, suman 90.7 % de las emisiones del país, excluyendo FOLU.

De igual manera ocurre cuando se incorporan las absorciones de CO₂, los sectores de Energía y AFOLU continúan siendo los más emisores, aunque con valores porcentuales un poco más bajos, para el primer sector y aumentando para el segundo. Los sectores Desechos e IPPU, mantienen valores similares en ambos casos.

Tabla 2.4 Emisiones brutas de GEI por sectores (kt de CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Sectores	1990	2000	2010	2012	2014	2016
1-Energía	33 294.0	31 199.3	36 051.5	34 731.2	36 134.1	35 411.9
2-IPPU	2 943.5	958.4	1 032.8	1 093.5	844.9	776.3
3- FOLU (*)	15 121.6	10 807.1	9 769.8	9 895.5	10 100.4	10 109.4
4-Desechos	3 138.5	2 907.0	3 432.0	3 537.1	3 770.6	3 916.0
Total	53 554.6	45 233.1	50 272.3	49 253.7	50 846.4	50 213.7

(*) Solamente incluye las emisiones.

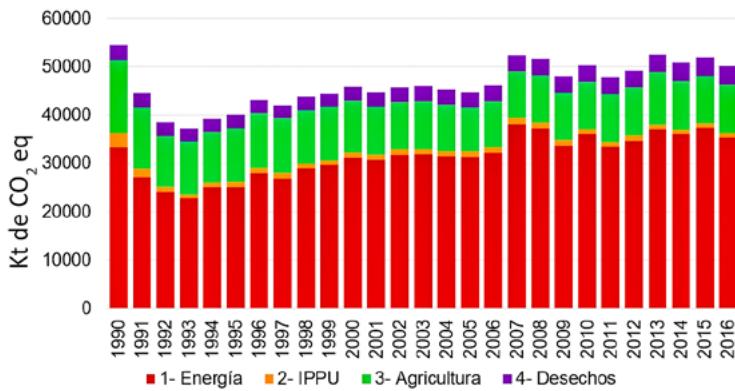


Figura 2.2 Emisiones de GEI por sectores (kt de CO₂ eq). Serie 1990-2016. Excluye FOLU.

Tabla 2.5 Emisiones netas de GEI por sectores (kt de CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Sectores	1990	2000	2010	2012	2014	2016
1-Energía	33 294.0	31 199.3	36 051.46	34 731.2	36 134.1	35 411.9
2-IPPU	2 943.5	958.4	1 032.84	1 093.5	844.9	776.3
3- FOLU	-1 113.2	-7 470.8	-14 283.91	-14 273.4	-16 554.1	-17 037.8
4-Desechos	3 138.5	2 907.0	3 432.04	3 537.1	3 770.6	3 9156.0
Balance	37 320.0	26 955.1	26 218.60	25 084.8	24 191.9	23 066.5

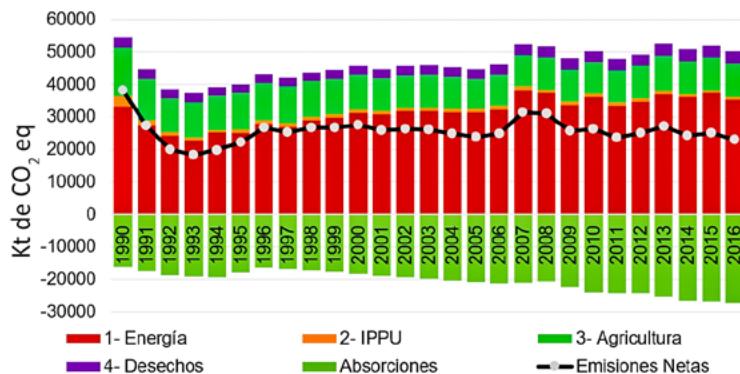


Figura 2.3 Balance de emisiones y absorciones de GEI por sectores (kt de CO₂ eq). Serie 1990-2016. Incluye el sector FOLU.

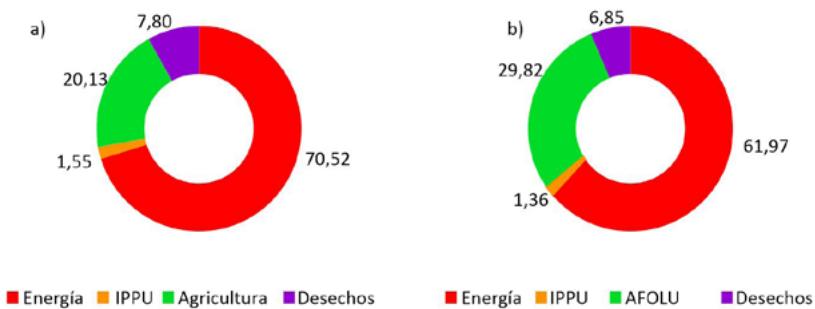


Figura 2.4 Por ciento de emisiones de GEI por sectores (kt CO₂ eq). Año 2016: a) valores porcentuales de las emisiones por sectores excluyendo FOLU y b) valores porcentuales de las emisiones por sectores incluyendo FOLU.

2.2.1 Emisiones agregadas por tipo de GEI

En 2016, 63.5 % de las emisiones correspondieron al CO₂, 24.5 % al CH₄ y el restante 12 % al N₂O, excluyendo al sector FOLU. Si se incluyen las remociones de CO₂ para el año 2016, los valores porcentuales cambian, y el gas más emitido es el CH4 con 53.3 %, seguido del N₂O con 26.2 % y por último el CO₂ con 20.5 %. (Figura 2.5).

El CO₂ se ha mantenido como el principal gas emitido en la serie estudiada, excluyendo FOLU, en orden de importancia le siguen el CH₄ y el N₂O. Si se incluyen las remociones de CO₂, el gas más emitido para toda la serie es el CH₄, exceptuando los años 1990, 2007 y 2008, en los que las emisiones de CO₂ fueron superiores, el N₂O mantiene valores similares a lo largo de la serie (Tabla 2.6 y Figuras 2.6 y 2.7). En 1990, los valores porcentuales, incluyendo FOLU, fueron 41.5 % para el CO₂, 35.1 % para el CH₄ y 23.4 % para el N₂O.

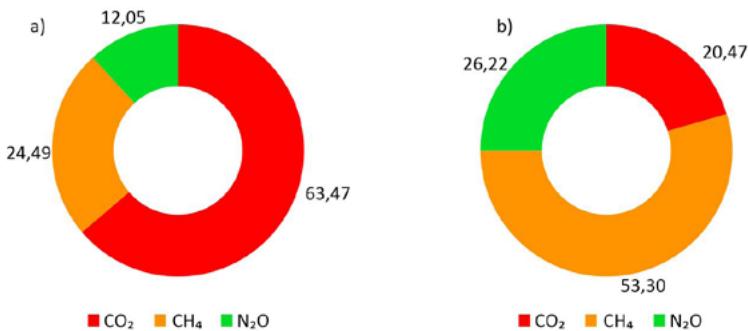


Figura 2.5 Por ciento de emisiones de GEI por tipo de gas. Año 2016.

Tabla 2.6 Emisiones y absorciones por tipo de GEI (kt CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Gases	1990	2000	2010	2012	2014	2016
CO ₂ (incluye FOLU)	15 889.0	10 087.6	8609.6	7398.1	5910.7	4722.3
CO ₂ (excluye FOLU)	32 123.6	28 365.6	32 663.2	31 567.0	32 565.3	31 869.5
CH ₄	13 426.7	11 125.1	11 772.6	11 764.0	12 242.2	12 295.2
N ₂ O	8947.3	6381.1	5850.3	5926.3	6042.5	6048.9
Balance (incluye FOLU)	38 2623.0	27 593.8	26 232.4	25 088.4	24 195.5	23 066.5
Total (excluye FOLU)	54 497.6	45871.8	50 286.1	49 257.3	50 850.0	50 213.7

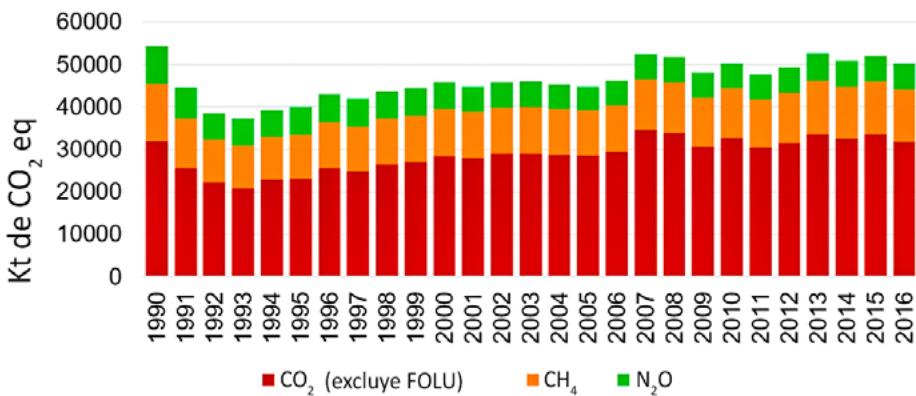


Figura 2.6 Emisiones de GEI por tipo de gases (kt CO₂ eq). Serie 1990-2016. Excluyendo FOLU.

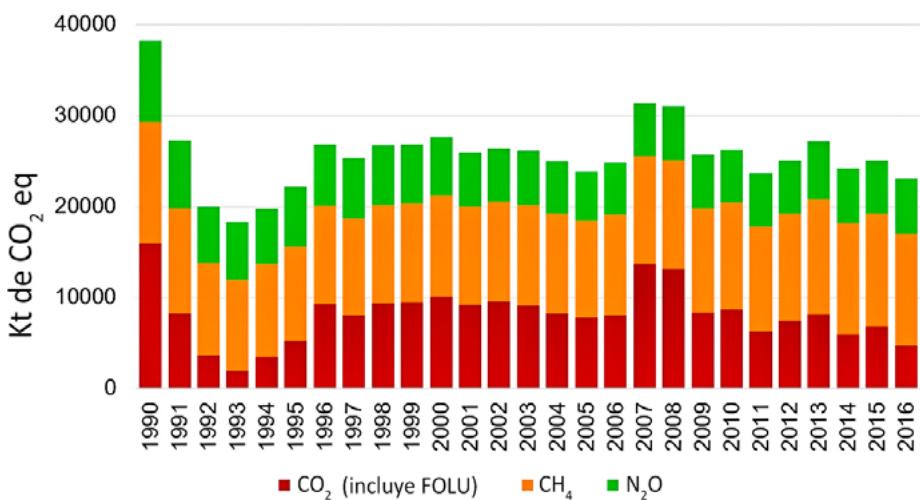


Figura 2.7 Emisiones de GEI por tipo de gases (kt CO₂ eq). Serie 1990-2016. Incluyendo FOLU.

Dióxido de Carbono (CO₂)

En 2016, el balance de emisiones y absorciones de CO₂ contabilizó 4 722.3 kt de CO₂ eq, disminuyendo en 70.3 % desde 1990 y en 20.1 % desde 2014 (Tabla 2.7); la causa fundamental de la disminución fue el aumento de las absorcio-

nes de CO₂, que en 2016 representaron 68.6 % superior a lo registrado en 1990 y 1.9 % por encima de las alcanzadas en 2014.

Por sectores (Figura 2.8), Energía fue el de mayor registro de emisiones, debido a la quema de combustibles fósiles, representando 52.8 % del total. Le siguen los sectores AFOLU con 46 %, principalmente por las absorciones derivadas de las tierras forestales y el IPPU con 1.2 % de las emisiones de CO₂, debidas a la producción de clíker y cal. Para el sector Desechos, las emisiones de CO₂ se reportan como No Estimadas (NE), según la metodología de las Directrices del IPCC 2006, ya que no fue posible estimar la subcategoría que genera emisiones de CO₂ por falta de datos de actividad.

Tabla 2.7. Emisiones y absorciones de CO₂ por sector (incluyendo FOLU). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Sectores	1990	2000	2010	2012	2014	2016
1. Energía	29 126.9	27 294.3	31 539.2	30 384.2	31 611.5	30 979.7
2. IPPU	2 751.0	895.7	965.3	1 022.1	789.7	725.6
3. AFOLU	-15 989.0	-18 102.4	-23 895.0	-24 008.1	-26 490.5	-26 983.0
4. Desechos	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Balance	15 889.0	10 087.6	8 609.6	7 398.1	5 910.7	4 722.3

NE: No Estimadas.



Figura 2.8 Emisiones y absorciones CO₂ por sectores (Kt de CO₂ eq). Serie 1990-2016. Incluyendo FOLU.

Metano (CH_4)

En 2016, las emisiones de CH_4 alcanzaron 12 295.2 kt CO_2 eq, disminuyendo en 5.6 %, comparado con 1990 y en 0.5 % desde 2014. (Tabla 2.8).

Tabla 2.8 Emisiones de CH_4 por sectores (kt CO_2 eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Sectores	1990	2000	2010	2012	2014	2016
1. Energía	4058.6	3803.2	4394.7	4233.8	4404.8	4316.8
2.IPPU	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.AFOLU	6406.3	4578.5	4139.0	4192.2	4279.0	4282.9
4.Desechos	2961.9	2743.4	3238.9	3338.0	3558.4	3695.6
Total	13 426.7	11 125.1	11 772.6	11 764.0	12 242.2	12 295.0

NE: No estimadas.

Por sectores (Figura 2.9), el de mayor relevancia en las emisiones de CH_4 fue Energía con 35.1 %, debido, principalmente, a la extracción de petróleo y gas natural. En el sector AFOLU son ligeramente inferiores con 34.8 %, dominadas fundamentalmente, por las actividades pecuarias asociadas a la fermentación entérica. Por último, el sector Desechos contabilizó 30.1 %, debido a la eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizados de disposición final.

Las subcategorías que generan emisiones de CH_4 en el sector IPPU no se estimaron por falta de datos de actividad, reportándose como NE, según las Directrices del IPCC 2006.

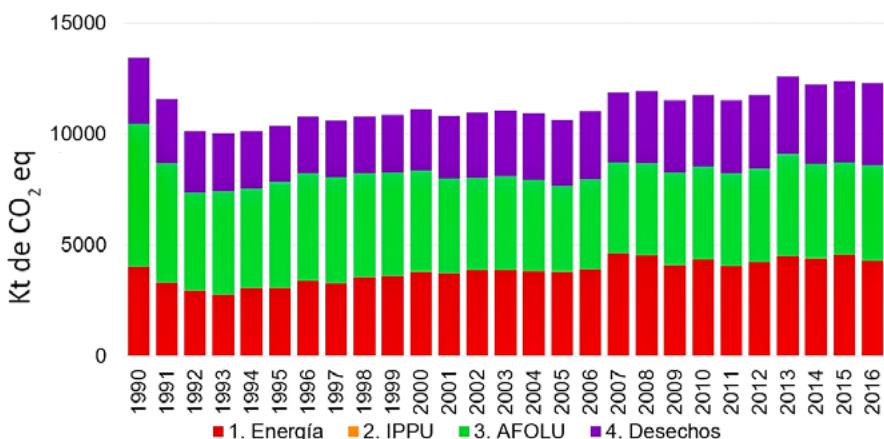


Figura 2.9 Emisiones CH_4 por sectores (kt de CO_2 eq). Serie 1990-2016. Óxido nitróso (N_2O)

Las emisiones de N_2O en 2016 fueron 6 048.94 kt CO_2 eq, disminuyendo en 28.2 % desde 1990 y aumentando en 0.14 %, comparado con 2014 (Tabla 2.9). Esta pronunciada disminución se debió, fundamentalmente, a la reducción en 87.5 %, de la aplicación de fertilizantes nitrogenados en los suelos en 2016 respecto a 1990.

Tabla 2.9 Emisiones de N_2O por sectores (kt CO_2 eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Sectores	1990	2000	2010	2012	2014	2016
1. Energía	108.6	101.7	117.5	113.2	117.8	115.5
2. IPPU	192.4	62.7	67.5	71.5	55.2	50.8
3. AFOLU	8469.7	6053.2	5472.1	5542.5	5657.3	5662.4
4. Desechos	176.6	163.6	193.2	199.1	212.2	220.4
Total	8947.3	6381.1	5850.3	5926.3	6042.5	6048.9

En la serie 1990-2016, el sector de mayor relevancia respecto a las emisiones de N_2O es AFOLU (Figura 2.10). En 2016 representó 93.6 %, debido principalmente al uso de fertilizantes nitrogenados y a la deposición directa del estiércol y orina animal en los suelos; en orden de importancia le sigue el sector Desechos con 3.6 %, generado en su totalidad por el tratamiento y descargas de aguas residuales domésticas, 1.9 % de las emisiones están cubiertas por el sector Energía, provenientes fundamentalmente de las actividades de la industria de la energía y el transporte, y el sector IPPU con 0.8 % restante, debido a la producción de ácido nítrico.

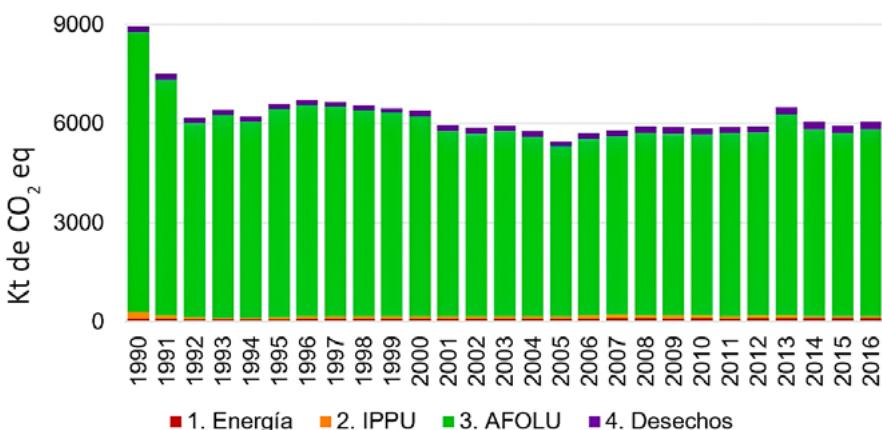


Figura 2.10 Emisiones N_2O por sectores (kt de CO_2 eq). Serie 1990-2016.

2.2.2 Emisiones y absorciones totales de GEI, año 2016

En la Tabla A 3 del Anexo A, se muestran las emisiones estimadas de GEI directos en kilotoneladas de CO₂ eq por categorías, subcategorías de fuente y sumideros y partidas recordatorias e informativas, para el año 2016. Además, se especifican las certificadas como de no ocurrencia en el país. Más adelante se presenta un resumen de las categorías no estimadas en ese año.

2.3 Tendencia de las emisiones por sectores

2.3.1 Energía

El sector Energía es el de mayor emisiones de GEI en el país, representando 71 % de las emisiones totales agregadas (excluyendo el sector AFOLU) y 61.6 % del balance de GEI del país (incluyendo el sector AFOLU), para 2016. En ese año, las emisiones de GEI del sector llegaron a 35 411.94 kt CO₂ eq, incrementándose en 6.4 % en relación con 1990 y disminuyendo en 2 % desde 2014.

Este incremento se debe, fundamentalmente, al aumento del consumo energético, incluyendo el uso de diésel y de gas natural para la generación eléctrica; así como la utilización de combustibles líquidos para transporte terrestre, mayormente diésel y gasolina. La disminución respecto al 2014 fue consecuencia de los bajos niveles de refinación de petróleo en el año 2016, donde se refinó 18.5 % menos de combustible respecto al 2014.

En cuanto a las categorías del sector, en 2016, 87.9 % de las emisiones de GEI correspondieron a la categoría 1.A. Actividades de quema de combustibles, registrándose 31 124.73 kt CO₂ eq y 12.1 % a la categoría 1.B. Emisiones fugitivas de combustibles, la cual emitió 4 287.21 kt CO₂ eq (Tabla 2.10).

La tendencia de las emisiones ocasionadas por las actividades de quema de combustibles ha experimentado un comportamiento similar a lo largo de la serie de años analizada, disminuyendo las emisiones hacia inicios de la década del noventa, registrando los valores más bajos en el año 1993.

Las emisiones fugitivas por petróleo y gas natural, han experimentado un crecimiento continuo en todo el período, sobre todo a partir de 1997, cuando se comienzan a explotar yacimientos petrolíferos en la costa norte occidental del país y se crea la empresa mixta ENERGAS¹⁷, con capital nacional y canadiense. (Figura 2.11).

¹⁷ Proyecto ENERGAS: empresa mixta operada con capital cubano a través de la Unión CUPET y la UNE y capital de Canadá, por medio de la Sherrit International. Disponible en <https://www.sherrit.com/English/operations/power/default.aspx>.

Tabla 2.10 Sector Energía. Emisiones por categoría de GEI (kt CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Categorías	1990	2000	2010	2012	2014	2016
1.A. Quema combustibles	-	-	31 187.2	29 917.1	31 412.1	31 124.7
1.B. Emisiones fugitivas	1 021.4	4 220.9	32 272.7	26 978.4	4 722.0	4 287.2
Total	33 294.0	31 199.3	36 051.5	34 731.2	36 134.1	35 411.9

Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los anuarios estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y el Minem.

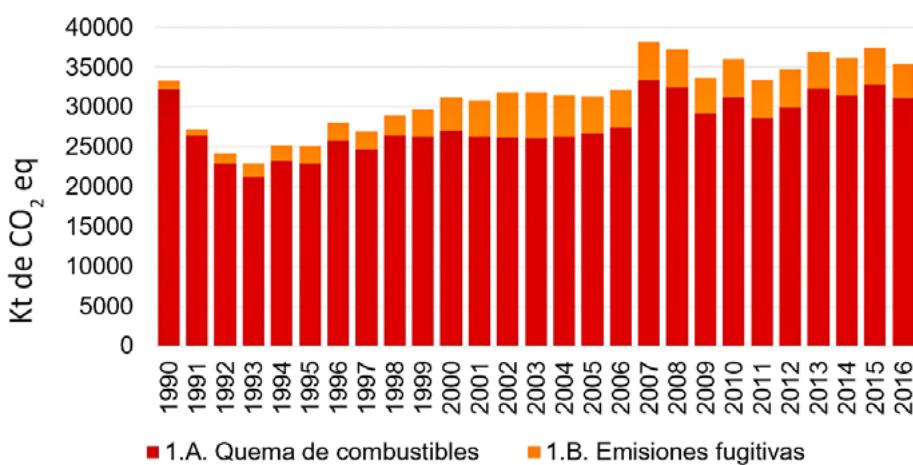


Figura 2.11 Sector Energía. Emisiones GEI por categoría (kt de CO₂ eq). Serie 1990-2016.
Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los anuarios estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y el Minem.

Las emisiones por subcategorías se muestran en la Tabla 2.11 y la Figura 2.12. La subcategoría 1.A.1. Industrias de la energía es la principal emisora, representando 60.2 % de las emisiones del sector y la componente Generación de electricidad, como actividad principal, representa 43.3 % de las emisiones entre todas las componentes y subcategorías, considerándose por ello como la más importante, tanto en el resto de la serie como en el año 2016.

Esto se debe a que en el país prácticamente toda la electricidad se genera en centrales termoeléctricas, baterías de motores que consumen diésel y fuel oil y motores de emergencia a base diésel. A partir del año 2006, el país llevó a cabo un proceso conocido como la “Revolución Energética”, en el que se re-

alizaron varias acciones en aras de mejorar el sistema eléctrico nacional, con la entrada de una mayor cantidad de plantas generadoras y nuevas tecnologías de generación en algunas de las termoeléctricas del país.

A partir de 2007 comienza un convenio de colaboración con la República Bolivariana de Venezuela (CUVENPETROL), para refinar grandes cantidades¹⁸ de carburantes en la refinería de Cienfuegos, localizada al centro de la isla; por ello las elevadas emisiones en los años 2007 y 2008.

Las emisiones de las 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción representaron 16.3 %. Esta subcategoría comprende tres tipos de industrias principales, desagregadas en: Industria azucarera, Explotación de minas y canteras y Construcción. Las demás industrias se agregaron en la componente Otras industrias manufactureras. Si bien la esfera industrial cubana sufrió un decrecimiento a inicios del período analizado, en la actualidad se encuentra en segundo lugar en cuanto a emisiones del sector se refiere. Aunque aún no se rebasan las emisiones del año base, las nuevas inversiones y la elevación de los niveles de producción nacional requeridos, producirán un aumento de las emisiones en el sector a corto plazo.

Las emisiones fugitivas de la subcategoría 1.B.2. Petróleo y Gas Natural alcanzaron 12.1 %, experimentando un crecimiento continuo sobre todo a partir de 1997. El inicio de la explotación de yacimientos petrolíferos en la costa norte occidental del país, con la creación de la empresa mixta ENERGAS, la entrada en funcionamiento de plantas de ciclo combinado para la generación eléctrica y el creciente consumo de gas en el sector residencial, han sido las principales causas del aumento en los consumos de gas natural y petróleo crudo cubano y con ello un aumento en las emisiones fugitivas asociadas a las actividades extractivas.

El sector 1.A.3. Transporte (*principalmente el terrestre*) emitió 6.2 %. Este es uno de los sectores que más ha reducido las emisiones desde 1990, cuando representaba 23 % de las emisiones de la categoría y 22.3 % de las emisiones del sector Energía.

Este gran decrecimiento en las emisiones tiene su causa principal en el llamado período especial que se estableció en el país a inicios de la década de los noventa, y posteriormente por el recrudecimiento del bloqueo estadounidense, que trajo consigo un deterioro en todas las ramas del transporte, desplomándose de manera casi total la flota marítima y ferroviaria

¹⁸ La renovación de la refinería de Cienfuegos se encontraba inactiva y la inversión venezolana llevará su capacidad de producción a unos 50 000 b/pd. (Feinberg, 2011).

del país. En el transporte por carretera y la aviación, los impactos fueron menores, pero también tuvieron sus consecuencias. Los bajos niveles de consumo de combustibles, por la disminución de vehículos circulando en el país, y la reducción del transporte aéreo de cabotaje, incidieron de manera importante en las reducciones de las emisiones hacia finales del período analizado.

Por último, el sector denominado *1.A.4. Otros sectores (principalmente Residencial)* representó 5.3 % de las emisiones totales. Dentro de este sector también se ha registrado un descenso en las emisiones, sobre todo, en el sector Residencial, que representaba en 1990, 7.1 % de las emisiones totales de la subcategoría y en 2016 solo 2.4 %.

Este marcado decrecimiento es debido, casi en su totalidad, a la reducción en los consumos de combustibles líquidos en los hogares, como el querosene y la sustitución de este por gas licuado de petróleo y cocinas de inducción que utilizan electricidad. Las componentes Comercial/Institucional y Agricultura/Silvicultura y Pesca, mantuvieron un comportamiento similar en todo el período. La subcategoría Combustibles sólidos se reporta como NO, No Ocurre, según las metodologías de las Directrices del IPCC 2006.

Tabla 2.11 Sector Energía. Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Subcategorías	1990	2000	2010	2012	2014	2016
1.A.1 Industrias de la energía	12 305.6	13 115.5	19 935.7	20 565.8	22 152.8	21 319.0
1.A.2 Industria manufacturera y construcción	8 733.5	6 957.1	5 986.0	5 029.5	5 260.9	5 752.9
1.A.3 Transporte	7 420.9	4 404.9	2 864.0	2 074.1	2 065.0	2 180.6
1.A.4 Otros sectores	3 812.7	2 500.9	2 401.4	2 247.6	1 933.3	1 872.3
1.B.2 Petróleo y gas natural	1 021.4	4 220.9	4 864.3	4 814.2	4 722.0	4 287.2
Total	33 294.0	31 199.3	36 051.5	34 731.2	36 134.1	35 411.9

Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los anuarios estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y Minem.

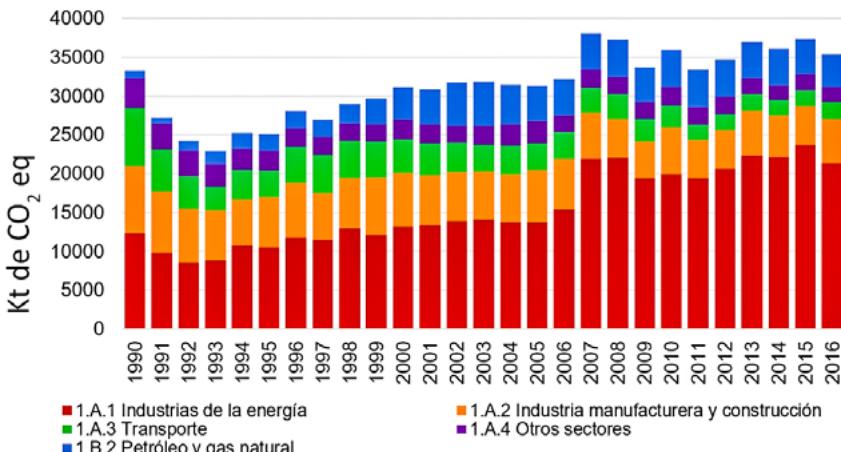


Figura 2.12 Sector Energía. Emisiones de GEI por subcategoría (kt de CO₂ eq). Serie 1990-2016. Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y Minem.

En 2016, el principal GEI emitido por el sector Energía fue el CO₂, con 30 979.7 kt CO₂, representando 87.5 % de las emisiones totales de GEI del sector. En orden de magnitud le sigue el CH₄ con 4 316.8 kt CO₂ eq, para 12.2 % y el N₂O con 115.5 kt CO₂ eq, para solo 0.33 % restante (Tabla 2.12 y Figura 2.13).

Tabla 2.12 Sector Energía. Emisiones por tipo de GEI (kt CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Gases	1990	2000	2010	2012	2014	2016
CO ₂	29 126.9	27 294.3	31 539.2	30 384.2	31 611.5	30 979.7
CH ₄	4 058.6	3 803.2	4 394.7	4 233.8	4 404.8	4 316.6
N ₂ O	108.6	101.7	117.5	113.2	117.8	115.5
Total	33 294.0	31 199.3	36 051.5	34 731.2	36 134.1	35 411.9

Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y Minem.

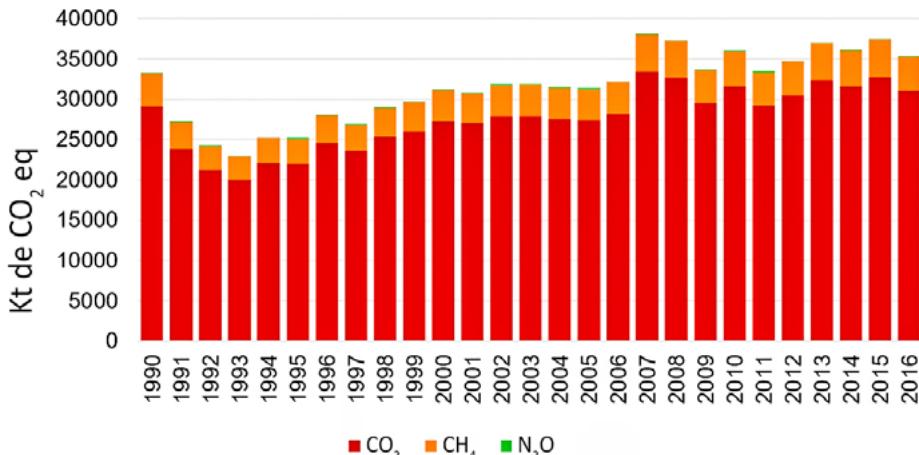


Figura 2.13 Sector Energía. Emisiones por tipo de GEI (kt CO₂ eq). Serie 1990-2016.
Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y Minem.

Se realizaron las estimaciones de las emisiones por el método de referencia (Anexo A). En la tabla 2.13 se presentan las principales diferencias por los dos métodos para años seleccionados de la serie 1990-2016.

El promedio de estas variaciones absolutas (tanto valores positivos como negativos) es de 1.9 %, con máximos de 4.9 % en 1994 y 2004. Por otro lado, los años que presentan menor diferencia son 1990 y 2016, con 0.6 % y - 0.2 %, respectivamente. Todos estos valores están por debajo del 5 %, que indican las Directrices del IPCC de 2006 como diferencia aceptable entre ambos métodos.

Tabla 2.13 Actividades de quema de combustible. Comparación de emisiones en kt CO₂ eq entre el Método sectorial y el Método de referencia, para años seleccionados de la serie 1990-2016

Método	1990	2000	2010	2012	2014	2016
Método de referencia	32066.60	25863.75	32121.93	31350.68	31780.12	31190.12
Método sectorial	32272.66	26978.40	31187.15	29917.06	31412.11	31124.73
Diferencia	206.06	1114.65	- 934.78	- 1433.62	- 368.01	- 65.39
Diferencia %	0.64	4.31	- 2.91	- 4.57	- 1.16	- 0.21

Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y Minem.

2.3.2 Procesos Industriales y Uso de Productos

El sector IPPU comprende las emisiones de GEI producidas por una gran variedad de actividades industriales, que transforman las materias primas por medios químicos o físicos. En 2016 las emisiones del sector llegaron a 776.3 kt CO₂ eq, representando 1.6 % de las emisiones totales del país, excluyendo FOLU, estos niveles de emisiones fueron 73.6 % y 8.1 %, inferiores a los correspondientes a 1990 y 2014, respectivamente. Este es el sector que menos emisiones genera.

En este sector se evidenció más un decrecimiento en las emisiones a inicios de la década de los años noventa del pasado siglo, debido a la caída de la URSS, principal socio comercial de Cuba, lo que se manifiesta claramente en la serie analizada para el INGEI. Las emisiones de 2016, por categorías, son inferiores a las de 1990, y para algunas categorías del 2014.

La categoría 2.A. Industria de los minerales (Tabla 2.14 y Figura 2.14) es la de mayores emisiones del sector con 709.2 kt CO₂ eq para 91.4 %, siendo 57.2 % menores que en 1990 y en 5.7 % desde 2014.

La categoría 2.B. Industria Química con 50.8 kt CO₂ eq, representó 6.5 % de las emisiones, siendo inferiores en 94 % con respecto a 1990 y en 29.5 % desde 2014. La pronunciada caída de las emisiones, en comparación con 1990, se debe a que en ese año las producciones de amoníaco generaron 67.3 % de las emisiones, y a partir de 1992 dejó de producirse en el país.

Por último, la categoría 2.C. Industria de los metales con 16 kt CO₂ eq, representa 2.1 % restante, inferiores a las emisiones de 1990 y 2014 en 96.3 % y 20.4 %, respectivamente. Este pronunciado descenso con respecto al año base se debe a que, en ese año, funcionaban en la principal acería del país hornos de solera (OHF) que, según datos brindados por GESIME, en 1992 fueron reemplazados por hornos de arco eléctrico (EAF), lo que produjo un cambio de factores de emisión para realizar las estimaciones, según lo establecido en el cuadro 4.1, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.28 de las Directrices del IPCC 2006.

La notable diferencia existente entre los factores de emisión para ambas tecnologías (1.72 tonCO₂/ton de acero para hornos de solera y 0.08 tonCO₂/ton de acero para hornos de arco eléctrico) influyó de manera significativa en la reducción de las emisiones, ya que en 2016 se produjo 27.4 % más de acero que en 1992 (último año de producción con horno de solera); sin embargo, las emisiones fueron 84 % menores.

Tabla 2.14 Sector IPPU. Emisiones por categoría de GEI (kt CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Categorías	1990	2000	2010	2012	2014	2016
2.A. Industria de los minerales	1656.4	875.5	965.1	995.8	752.3	709.2
2.B. Industria Química	848.4	55.6	45.5	75.6	72.0	50.8
2.C. Industria de los Metales	438.6	27.3	22.2	22.2	20.6	16.4
Total	2943.5	958.4	1032.8	1093.5	844.9	776.3

Fuente: Equipo Técnico de IPPU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONs y Mindus.

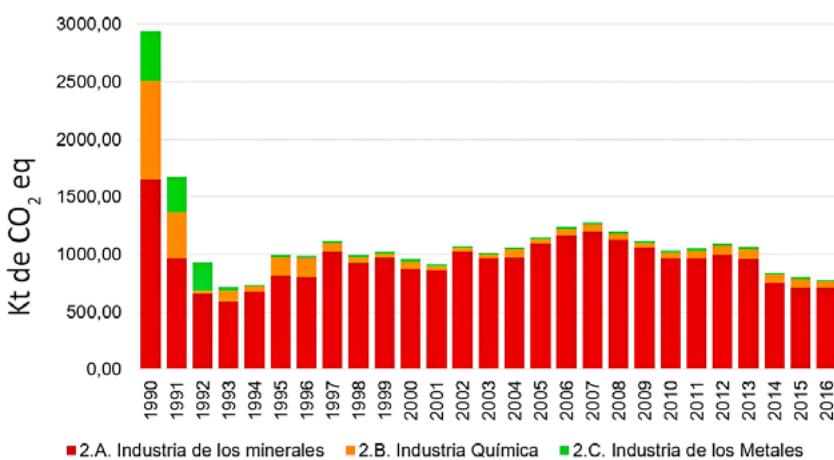


Figura 2.14 Sector IPPU. Emisiones GEI por categoría (kt CO₂ eq). Serie 1990-2016.
Fuente: Equipo Técnico de IPPU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONs y Mindus.

En cuanto a las subcategorías (Tabla 2.15 y Figura 2.15), la 2.A.1. Producción de cemento es la de mayor relevancia del sector con 86.6 %, seguida de la 2.B.2. Producción de ácido nítrico, con 6.5 %; le siguen en orden de importancia la 2.A.2. Producción de cal, con 4.8 % y la 2.C.1. Producción de hierro, acero y coque metalúrgico, con 2.1 % restante. Estas subcategorías manifestaron emisiones inferiores a 1990 en 55.4 %, 80.9 %, 72.7 %, y 96.3 %, respectivamente. De igual manera se comportan con respecto al 2014, donde fueron inferiores en 5.7 %, 5.6 %, 29.5 % y 20.4 %, respectivamente.

En algunas subcategorías se estimaron las emisiones para los años en los que se dispuso de información y para las que se producían que en la actualidad ya no se cuenta con datos de actividad para su estimación. Estas subcategorías son 2.A.3. Producción de vidrio (años pares desde 1990 al 2004), 2.B.1. Producción de amoníaco (1990 y 1991), 2.B.5. Producción de carburo de calcio (años pares desde 1990 al 2004).

En 2016, la producción de cemento contabilizó 672 kt CO₂, registrando valores de emisiones inferiores con respecto al año 1990 en 55.4 % y 5.7 %, en relación con 2014. Es la subcategoría que más influye en la tendencia y las principales variaciones a lo largo de la serie.

En los años 2006 y 2007 aumentaron las emisiones en gran medida, por un incremento en las actividades constructivas en el sector Residencial y en instalaciones turísticas. Sin embargo, después del año 2013, las emisiones generadas por esta subcategoría disminuyeron debido a falta de financiamiento para la modernización del equipamiento que permita alcanzar mejores niveles productivos.

Para el caso de la producción de ácido nítrico en 2016, se emitieron 50.8 kt CO₂ eq, lo que representó 80.9 %, inferior a las emisiones de 1990 y 29.5 % desde 2014. La variabilidad de las emisiones en la subcategoría responde a la situación económica del país y a la disponibilidad de materias primas para la producción de ácido nítrico.

Las emisiones en la producción de cal en 2016 fueron de 37.2 kt CO₂ eq, siendo inferiores a las de 1990 en 72.7 % y 5.6 % respecto al 2014. Las causantes de la variabilidad de las emisiones a lo largo de la serie están relacionadas con el mantenimiento de las plantas y con la obsolescencia y modernización de las tecnologías productivas.

La subcategoría que menos emite dentro del sector es la producción de hierro, acero y coque metalúrgico, con 16.4 kt CO₂ eq en 2016. Este valor representó una disminución con respecto a 1990 del 96.3 % y del 20.4 % desde 2014. El causante de tal reducción fue el cambio metodológico de los factores de emisión asociados a nuevas tecnologías para la producción de acero en el país.

Para el caso de los gases (Tabla 2.16 y Figura 2.16) en 2016, el más emitido en el sector fue el CO₂, con 93.5 % de las emisiones, seguidas de las de N₂O, con el restante 6.5 %. Este sector tiene la peculiaridad de que no cuenta con emisiones de CH₄, debido a que las subcategorías que emiten este gas, fueron reportadas como No Estimado (NE) o No Ocurre (NO), según las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 2.15 Sector IPPU. Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Subcategorías de producción	1990	2000	2010	2012	2014	2016
2.A.1 Cemento	1505.4	808.9	927.1	954.0	712.9	672.0
2.A.2 Cal	136.3	65.9	38.0	41.8	39.4	37.2
2.A.3 Vidrio	14.8	0.7	NE	NE	NE	NE
2B1 Amoníaco	571.0	NO	NO	NO	NO	NO
2B2 Ácido Nítrico	265.4	46.6	45.5	75.6	72.0	50.8
2B5 Carburo de Calcio	12.0	9.0	NE	NE	NE	NE
2.C.1 Hierro y Acero y Coque Metalúrgico	438.6	27.3	22.2	22.2	20.6	16.4
Total	2943.5	958.4	1032.8	1093.5	844.9	776.3

NE: No Estimado, NO: No Ocurre. Fuente: Equipo Técnico de IPPU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONS y Mindus.

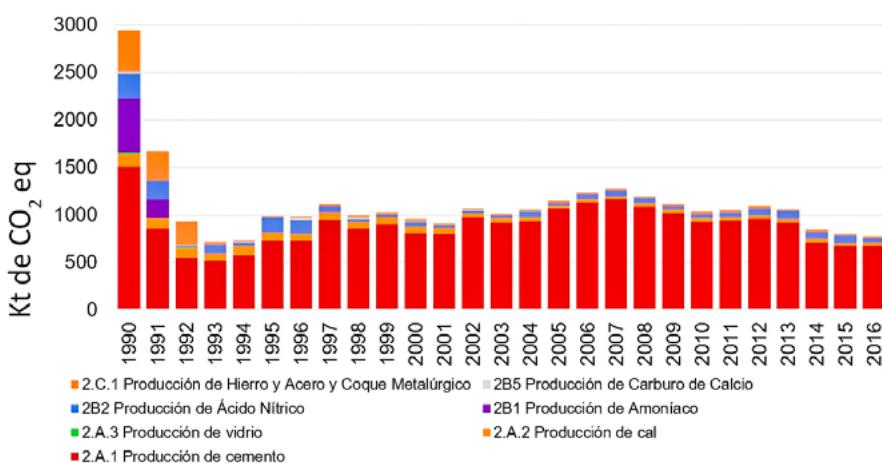


Figura 2.15 Sector IPPU. Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq). Serie 1990-2016. Fuente: Equipo Técnico de IPPU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONS y Mindus.

Tabla 2.16. Sector IPPU. Emisiones por tipo de GEI (kt CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Gases	1990	2000	2010	2012	2014	2016
CO ₂	2751.0	895.7	965.3	1022.1	789.7	725.6
CH ₄	NE	NE	NE	NE	NE	NE
N ₂ O	192.4	62.7	67.5	71.5	55.2	50.8
Total	2943.5	958.4	1032.8	1093.5	844.9	776.3

NE: No Estimado, NO: No Ocurre. Fuente: Equipo Técnico de IPPU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONS y Mindus.

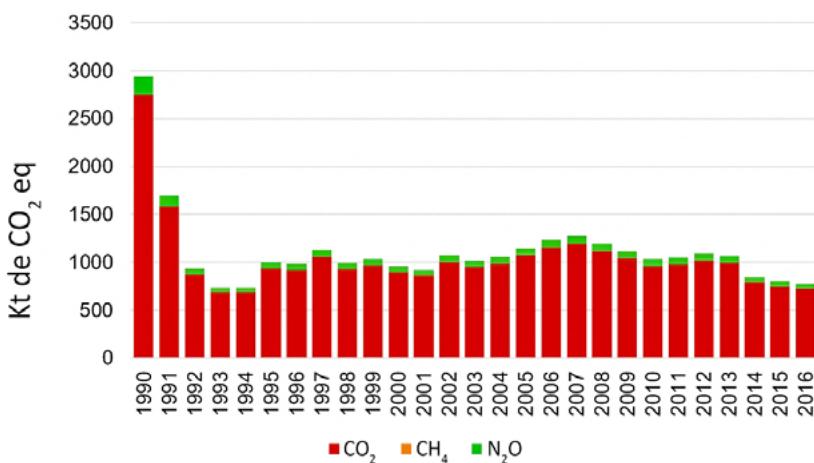


Figura 2.16 IPPU. Emisiones por tipo de GEI (kt CO₂ eq). Serie 1990-2016. Fuente: Equipo Técnico de IPPU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONS y Mindus.

2.3.3 Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra

El sector AFOLU es el segundo sector en importancia de emisiones en el país. Es además el único sector que actúa como sumidero de CO₂. En 2016 representó 20.1 % de las emisiones de GEI. En el mismo año, el balance de las emisiones de GEI fue negativo, lo que muestra que las remociones de la actividad forestal fueron superiores a las emisiones de las actividades agropecuarias.

La suma de las emisiones entre el subsector Agricultura (categorías 3.A Ganadería y 3.C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra) con 9 969.9 kt CO₂ eq y el subsector FOLU (categoría 3.B Tierras) con - 27 007.7 kt CO₂, alcanzaron - 17 037.8 kt CO₂ eq, incrementándose en 1 430.8 % desde 1990 y en 2.9 % desde 2014. (Tabla 2.17).

Dicho incremento se debe, fundamentalmente, al aumento en las áreas forestales del país desde inicios del período analizado, lo que acrecentó la remoción de las emisiones en 67.2 % desde 1990 y en 1.9 % desde 2014.

Respecto a las emisiones y absorciones de GEI, en términos absolutos por categoría (Figura 2.17), 73.1 % corresponde a 3.B. Tierras, seguido de 13.9 % de la categoría 3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra y por último se encuentra la 3.A. Ganadería con un valor similar de 13 %.

Tabla 2.17 Sector AFOLU. Emisiones y absorciones por categoría de GEI (kt CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Sector AFOLU	1990	2000	2010	2012	2014	2016
3.A. Ganadería	4865.0	4631.8	4676.7	4695.1	4815.7	4813.8
3.B. Tierras	- 15 075.9	- 17 318.6	- 23 838.9	- 24 018.8	- 26 487.5	- 27 007.7
3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra	9097.8	5216.0	4878.3	5050.3	5117.7	5156.1
Balance	- 1113.0	- 7470.8	- 14 283.9	- 14 273.4	- 16 554.1	- 17 037.8

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el Minag.

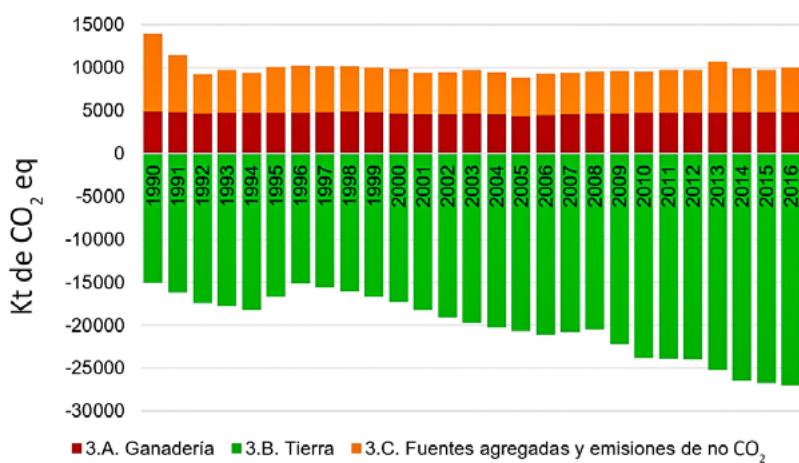


Figura 2.17 Sector AFOLU. Emisiones/absorciones por categoría (kt CO₂ eq). Serie 1990-2016. Fuente: Equipo Técnico de AFOLU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el Minag.

La figura anterior muestra la sostenida tendencia al incremento de las remociones netas del sector forestal, que han transitado desde 16 234.6 kt de CO₂ eq en 1990, a 27 147.2 kt de CO₂ eq en 2016, con un aumento de 10 912.6 kt de CO₂ en un cuarto de siglo. (Álvarez, 2017).

Esto se debe a que el área cubierta de bosques en Cuba experimentó un crecimiento notable en el período analizado lo que hizo que el porcentaje de cobertura boscosa del país aumentara del 18.7 % en 1990 al 31 % en el año 2016 (ONEI, 2017). Este crecimiento, y, en general los niveles de cobertura boscosa alcanzados, hacen que en esta categoría de fuente las remociones de CO₂ superen notablemente a las emisiones en los años evaluados.

Las categorías 3.A. *Ganadería* y 3.C. *Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra* mantienen un comportamiento similar a lo largo de la serie analizada, ocurriendo las mayores emisiones en el año 1990 para ambas categorías (Tabla 2.17), el año 2005 fue el de menores emisiones tanto para la Ganadería con 4 362.8 kt CO₂ eq como para las emisiones de fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra con 4 511.9 kt CO₂ eq.

Con respecto a las subcategorías (Figura 2.18 y Tabla 2.18), la más representativa es la 3.A.1. *Fermentación entérica* con 36.2 % de las emisiones del sector sin incluir FOLU, contabilizando 3 664.9 kt CO₂ eq, siendo 3.3 % menores que las generadas por esta subcategoría en 1990 y 1.5 % menores que en 2014. Esta reducción se debe a la disminución en la masa ganadera en el año final, con respecto a los dos años de referencia (1990 y 2014), representando 16.3 % y 2.9 %, respectivamente.

Le siguen en importancia las 3.C.4. *Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados*, en los que se emitieron 2 814.8 kt CO₂ eq, representando 27.8 % de las emisiones sin incluir FOLU, lo que representó 50 % menos que las emisiones generadas en 1990 y 2.3 % superiores a las registradas en 2014. Las reducciones con respecto al año base tienen su origen en la disminución del uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos ya que se aplicaron casi 280 000 toneladas menos en 2016 en comparación con 1990, lo que representó 87.5 % menos de fertilizantes usados.

Las 3.C.6. *Emisiones indirectas de N₂O generadas por la gestión de estiércol* representaron 11.9 %, con 1 206.04 kt CO₂ eq en 2016 de las emisiones sin incluir FOLU, siendo superiores a las de 1990 y 2014 en 1.1 % y 6.6 %, respectivamente. La principal causa del aumento registrado con respecto al 2014 se debió a que en 2016 aumentaron las cabezas de ganado porcino en 274 800 animales con respecto al 2014, un 16.6 % superior.

La subcategoría 3.A.2 *Gestión del estiércol* generó en 2016 1 148.9 kt CO₂ eq, para 11.4 % de las emisiones excluyendo FOLU, superando las emisiones

de 1990 en 6.9 % y las de 2014 en 5 %. Este aumento se encuentra originado por el crecimiento de la masa porcina en el país con respecto a esos dos años.

La subcategoría 3.C.5. *Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados* representó el 6.9 % del total de las emisiones del sector sin incluir FOLU, expulsando 698.3 kt CO₂ eq. Dicho valor es 57.3 % inferior al registrado para 1990 y 0.48 % al alcanzado en 2014. El origen de este decrecimiento se debió a la disminución en el uso de fertilizantes nitrogenados.

Las emisiones relacionadas con la subcategoría 3.C.7 *Cultivo del arroz* le suceden con 412.2 kt CO₂ eq, lo que representa 4.08 % de las emisiones en 2016 excluyendo FOLU, siendo inferiores a las de 1990 en 9.6 % y a las de 2014 en 18.4 %. Al tener las emisiones del arroz relación directa con el área sembrada, esta constituyó la principal causa de las reducciones al compararlas con el año base y 2014, ya que se dejaron de sembrar unas 14 880 hectáreas (ha) y 31 556 ha con respecto a esos años.

El país tiene una política de incrementar la producción arrocera, y, con la introducción de nuevas tecnologías se ha logrado incrementar los rendimientos entre 0.8 y 1.6 t/ha (Pérez y Penichet, 2014), lo que hace que las producciones no se vean tan afectadas por la reducción de las áreas de siembra.

Las restantes subcategorías Encalado, aplicación de urea y leña son las que menos emisiones aportan en el sector, entre las tres congregan solamente 1.6 % de las emisiones exceptuando AFOLU.

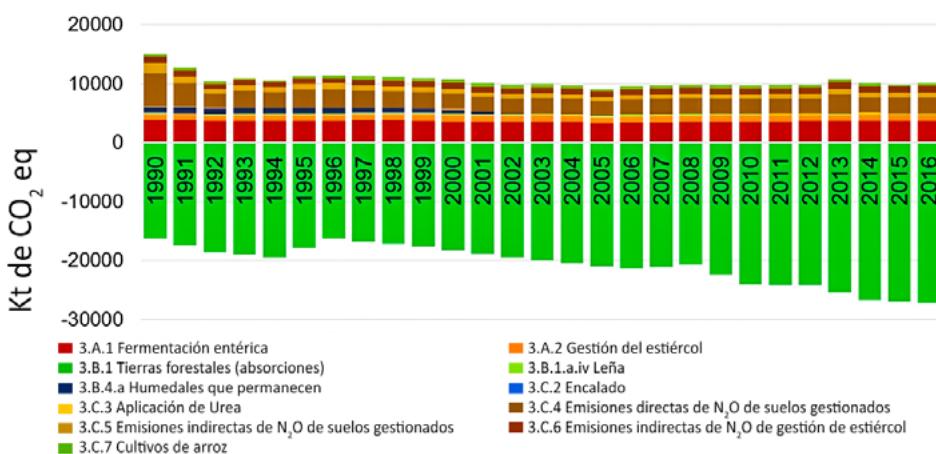


Figura 2.18 Sector AFOLU. Emisiones/absorciones por subcategoría (kt CO₂ eq). Serie 1990-2016.

Tabla 2.18 Sector AFOLU. Emisiones/absorciones de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq), Años seleccionados de la serie 1990-2016 (NE: No Estimado)

Subcategorías	1990	2000	2010	2012	2014	2016
3.A.1. Fermentación Entérica	3790.1	3604.6	3617.5	3645.6	3721.4	3664.9
3.A.2. Gestión del estiércol	1 0745.0	1027.2	1059.2	1049.5	1094.3	1148.9
3.B.1.a Tierras forestales que permanecen como tales (Absorciones)	- 16 234.6	- 18 278.0	- 24 053.7	- 24 168.9	- 26 654.5	- 27 147.2
3.B.1.a.iv. Leña (Emisiones)	215.7	320.7	201.0	146.4	163.4	139.5
3.B.4.a. Humedales que permanecen como tales (emisiones)	943.0	638.7	13.8	3.6	3.6	NE
3.C.2 Encalado	46.9	9.1	5.1	5.4	5.3	4.3
3.C.3 Aplicación de urea	135.0	23.8	26.3	23.3	23.0	20.4
3.C.4 Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	5631.3	2787.3	2584.3	2660.1	2751.4	2814.8
3.C.5 Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	1635.6	729.8	659.8	686.4	701.7	698.3
3.C.6 Emisiones indirectas de N ₂ O de gestión de estiércol	1193.0	1076.8	1083.3	1078.3	1131.1	1206.0
3.C.7 Cultivo de arroz	456.1	589.2	519.4	596.8	505.2	412.2
Balance	- 1113.0	- 7470.8	- 14 283.9	- 14 273.4	- 16 554.1	- 17 037.8

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el Minag.

En 2016, el principal GEI de las emisiones y absorciones en términos absolutos fue el CO₂, representando 73.04 % del sector. Lo sigue el N₂O con 13.94 % y por último el CH₄ con 13.02 % (Tabla 2.19 y Figura 2.19).

Tabla 2.19 Sector AFOLU. Emisiones/ absorciones por tipo de GEI (kt CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Gases	1990	2000	2010	2012	2014	2016
CO ₂	- 15 108.3	- 17 430.8	- 23 810.6	- 23 991.0	- 26 460.1	- 26 983.0
CH ₄	4659.9	4519.6	4327.6	4430.6	4423.7	4282.9
N ₂ O	9335.7	5440.3	5199.1	5287.0	5482.2	5662.3
Total	- 1113.0	- 7470.8	- 14 283.9	- 14 273.4	- 16 554.1	- 17 037.8

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el Minag.

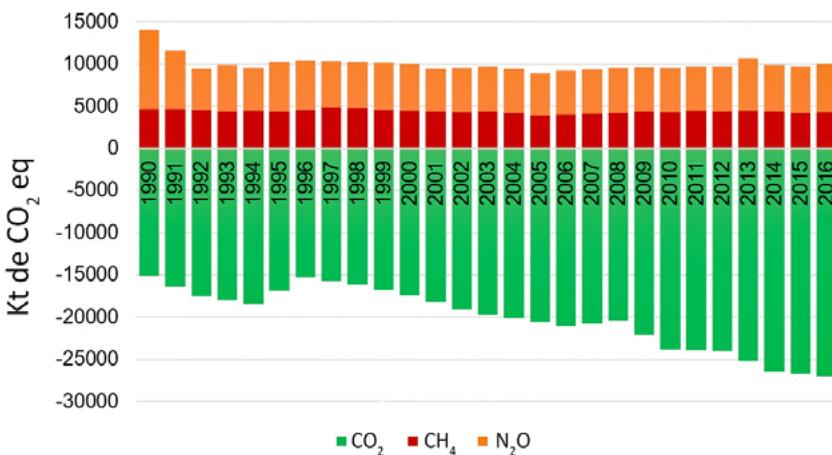


Figura 2.19 Sector AFOLU. Emisiones/absorciones por tipo de GEI (kt CO₂ eq). Serie 1990-2016. Fuente: Equipo Técnico de AFOLU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el Minag.

2.3.4 Desechos

El sector Desechos incluye las emisiones de CH₄ resultantes de procesos microbiológicos que ocurren en la materia orgánica bajo degradación anaeróbica, principalmente desde sitios de disposición de desechos sólidos, manejados o no manejados; la emisión de N₂O por la descomposición anaeróbica de excretas humanas; y el tratamiento anaeróbico de aguas residuales domésticas e industriales en fase líquida y sólida (lodos) (IPCC, 2006 y Fariñas *et al.*, 2016).

El sector Desechos representó 7.8 % de las emisiones de GEI totales en 2016, excluyendo FOLU. En el mismo año, las emisiones de GEI del sector contabilizaron 3916 kt CO₂ eq, incrementándose en 24.8 % desde 1990 y en 3.9 % desde 2014 (Tabla 2.20). La principal causante es el aumento sostenido de la

generación de desechos sólidos y su disposición final en rellenos sanitarios no categorizados.

Respecto a las categorías (Figura 2.20), la 4.A. Disposición de desechos sólidos representó el 62.4% de las emisiones de GEI del sector, seguido de 37.6 % de 4.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales. Las dos siguientes categorías 4.B. Tratamiento biológico de los desechos sólidos y la 4.C. Incineración e incineración abierta de desechos se reportan como No Estimadas (NE) según las *Directrices del IPCC 2006*. Las principales causas del incremento de las emisiones de GEI del sector son el aumento de la población y sus desechos sólidos y líquidos generados.

Tabla 2.20 Sector Desechos. Emisiones de GEI por categoría (kt CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Categorías	1990	2000	2010	2012	2014	2016
4.A. Eliminación de desechos sólidos	1556.1	1537.0	2091.3	2146.6	2345.0	2444.4
4.B. Tratamiento biológico de los desechos sólidos	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.C. Incineración e incineración abierta de desechos	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	1582.4	1370.1	1340.8	1390.5	1425.6	1471.6
Total	3138.5	2907.03	3432.0	3537.1	3770.6	3916.00

NE: No Estimado. Fuente: Equipo Técnico de Desechos con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el INRH.

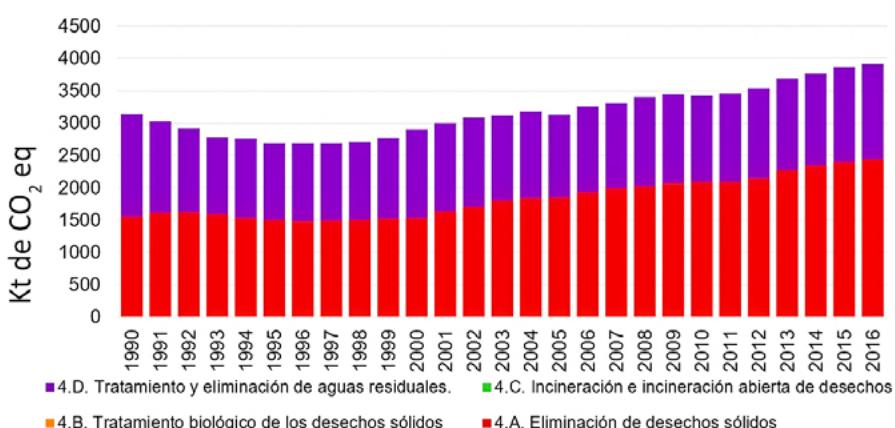


Figura 2.20 Sector Desechos. Emisiones GEI por categoría (kt CO₂ eq). Serie 1990-2016.
Fuente: Equipo Técnico de Desechos con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el INRH.

En el análisis por subcategorías (Tabla 2.21 y Figura 2.21), las 4.A.3 Sitios no categorizados de eliminación de desechos fue la que más emisiones aportó en el sector 2444.4 kt CO₂ eq con 62.4 %, aumentando en 58.09 % con respecto a 1990 y en 4.2 % desde 2014. En la serie se puede observar que las emisiones van en ascenso, sobre todo después de 1999. Desde 1990 y hasta 1998 se registra una leve disminución de las emisiones.

Las causas fundamentales del aumento son el crecimiento de la población, así como un incremento del índice de generación de desechos sólidos por el aumento de los consumos de bienes.

La subcategoría 4.D.1 *Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas* contabilizó 1 215.8 kt CO₂ eq en 2016, para 42.5 % superior al año 1990 y en 3.5 % mayor que 2014. Es también, la subcategoría que más aporta a la categoría 4.D. *Tratamiento y eliminación de aguas residuales*, con 82.6 %.

Al igual que con la subcategoría 4.A.3. *Sitios no categorizados de eliminación de desechos*, las emisiones, en esta categoría, aumentan en todo el período analizado, aunque existen algunos años donde disminuyen las emisiones, registrando el valor más bajo en el año inicial.

La subcategoría 4.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales contabilizó en 2016 un valor de 255.8 kt CO₂ eq, lo que significó una reducción del 64.9 % en comparación con 1990 y un aumento del 2.2 % desde 2014. Sus emisiones representaron solamente 17.4 % en la categoría 4.D. *Tratamiento y eliminación de aguas residuales*. Es la única subcategoría de las estimadas en este sector que posee reducción en las emisiones con respecto a los años comparados, en este caso 1990, tales causas tienen su origen en la depresión que sufrió el sector industrial y sus producciones, sobre todo las industrias: azucarera, alimentaria y de bebidas y refrescos que son las que más aguas residuales generan.

Las subcategorías 4.A.1 *Sitios gestionados de eliminación de desechos*, 4.A.2 *Sitios no gestionados de eliminación de desechos*, 4.B.2 *Tratamiento biológico de los desechos sólidos*, 4.C.1 *Incineración de desechos* y 4.C.2 *Incineración abierta de desechos*, no fueron estimadas por falta de datos de actividad, reportándose como No Estimadas (NE), según las Directrices del IPCC 2006.

Para el caso de los gases (Tabla 2.22 y Figura 2.22) en 2016, el más emitido en el sector fue el CH₄ con 94.4 % de las emisiones, y el N₂O con el restante 5.6 %. Este sector tiene la peculiaridad de que no cuenta con emisiones de CO₂, debido a que las subcategorías que emiten este gas, fueron reportadas como (NE) según las Directrices del IPCC 2006.

Tabla 2.21 Sector Desechos. Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Subcategorías	1990	2000	2010	2012	2014	2016
4.A.3 Sitios no categorizados de eliminación de desechos	1556.1	1537.0	2091.3	2146.6	2345.0	2444.4
4.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	853.2	1088.2	1140.5	1154.9	1175.3	1215.8
4.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	729.2	281.8	200.3	235.5	250.3	255.8
Total	3138.5	2907.0	3432.0	3537.1	3770.6	3916.0

Fuente: Equipo Técnico de Desechos con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el INRH.

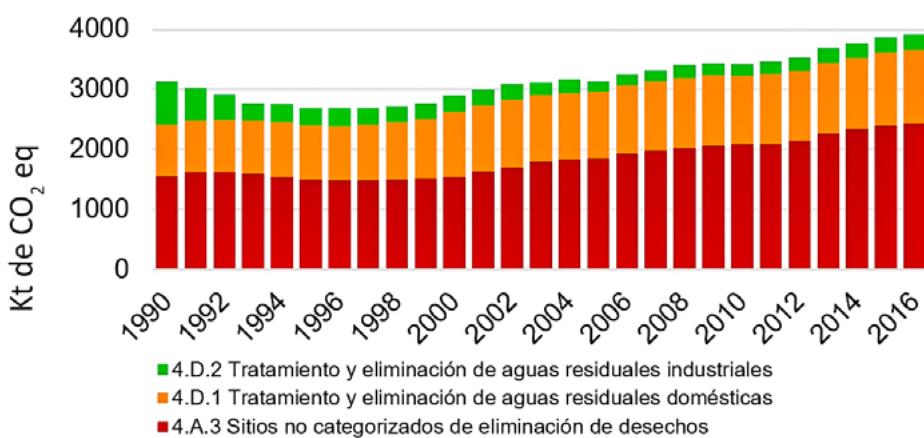


Figura 2.21 Sector Desechos. Emisiones GEI por subcategoría (kt CO₂ eq). Serie 1990-2016. Fuente: Equipo Técnico de Desechos con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el INRH.

Tabla 2.22 Sector Desechos. Emisiones por tipo de GEI (kt CO₂ eq). Años seleccionados de la serie 1990-2016

Gases	1990	2000	2010	2012	2014	2016
CO ₂	NE	NE	NE	NE	NE	NE
CH ₄	2961.9	2743.4	3238.9	3338.0	3558.4	3695.6

N_2O	176.6	163.6	193.1	199.1	212.2	220.4
Total	3138.5	2907.0	3432.0	3537.1	3770.6	3916.0

NE: No Estimado. Fuente: Equipo Técnico de Desechos con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el INRH.

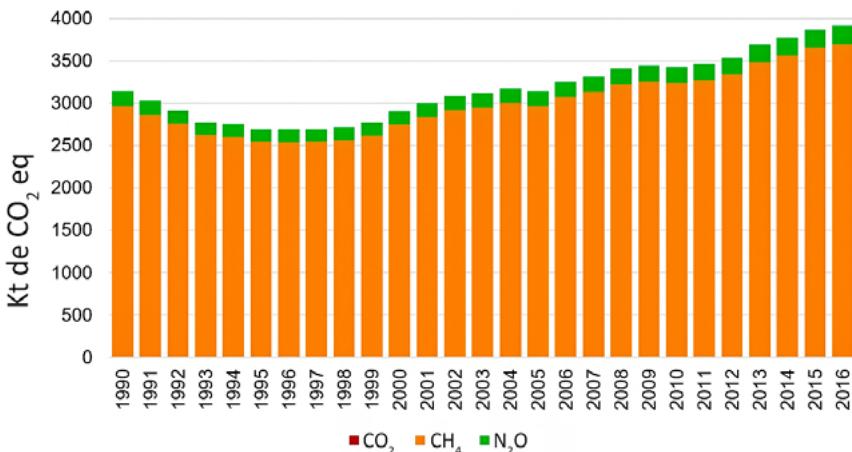


Figura 2.22 Sector Desechos. Emisiones por tipo de GEI (kt CO₂ eq). Serie 1990-2016.

Fuente: Equipo Técnico de Desechos con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el INRH.

2.4 Resultados de la evaluación de la incertidumbre

Para el análisis de la incertidumbre del INGEI en Cuba, se compilaron las incertidumbres de cada sector y se desarrolló el análisis usando el Método 1: Propagación del error de las Directrices del IPCC 2006, utilizado para estimar la incertidumbre en las categorías individuales (factores de emisión, datos de actividad y otros parámetros de estimación), y en las tendencias entre un año de interés y el año de base.

La evaluación realizada muestra una incertidumbre combinada como porcentaje del total nacional en el año 2016 entre - 62.5 % y 115.4 %. Por su parte, las incertidumbres introducidas en la tendencia en las emisiones nacionales totales son del 90.07 %.

En términos generales, los sectores que más aportan a la incertidumbre (contribución a la varianza) de 2016 son AFOLU y Desechos, seguidos de Energía e IPPU.

En el sector Energía, la incertidumbre combinada total fue de - 16.03 % y + 45.4 % en 2016. Las fuentes de incertidumbre que en mayor medida

contribuyen a la varianza se encuentran en las emisiones fugitivas de CH₄ en la extracción de petróleo, seguidas de las emisiones de CO₂ en los combustibles líquidos para las industrias de la energía y las emisiones de CO₂ por el consumo de combustibles líquidos en industrias manufactureras y de la construcción.

La incertidumbre del sector se explica por los altos valores en el uso de factores de emisión por defecto, específicamente para el caso de las emisiones de CH₄ y N₂O en el uso de la biomasa en industrias de la energía y en las emisiones fugitivas por petróleo y gas natural, más que por los datos de actividad levantados en el BEN y otras estadísticas consultadas.

El sector IPPU presentó una incertidumbre combinada de ± 2.09 %. Las fuentes de incertidumbre que más contribuyen a la varianza son las emisiones de CO₂ en la producción de cemento, seguidas de las emisiones de N₂O en la producción de ácido nítrico. El principal elemento que influye en las incertidumbres del sector es el uso de factores de emisión por defecto, sobre todo en el caso de las emisiones de N₂O en la producción de ácido nítrico.

En el sector AFOLU, la incertidumbre combinada total fue de - 34.3 % y + 51.6 % para el año 2016. Las fuentes de incertidumbre que más contribuyen a la varianza se encuentran las absorciones de CO₂ en las tierras forestales que permanecen como tales, así como las emisiones indirectas de N₂O provenientes de la gestión del estiércol y las emisiones directas de N₂O en los suelos gestionados, específicamente por la componente orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas. En general, la incertidumbre del sector se debe a los numerosos datos paramétricos, en su mayoría utilizados por defecto, principalmente en la subcategoría 3.C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra.

En el sector Desechos, la incertidumbre combinada total fue de - 10.2 % y 16.24 % en 2016. Las fuentes que más contribuyen a la varianza son las emisiones de CH₄ en los sitios de disposición de desechos sólidos no categorizados, seguidas de las emisiones de CH₄ en el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales. En general, la incertidumbre del sector se debe al uso de parámetros y factores de emisión por defecto, tanto en las emisiones de CH₄ por la disposición de desechos sólidos como en las emisiones de CH₄ del tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas.

2.5 Análisis de categorías claves

La tabla 2.23 muestra en filas las fuentes de emisión y absorción identificadas como categorías claves, las columnas indican el criterio de identificación

según las *Directrices del IPCC 2006*. Algunas categorías cumplen los cuatro criterios evaluados. Este resumen constituye la base para las discusiones con los equipos sectoriales sobre la calidad de las estimaciones y las posibles mejoras.

Una manera más ilustrativa de representar las categorías claves, consiste en listarlas de acuerdo con su aporte cuantitativo individual, según las *Directrices del IPCC 2006*, las categorías que acumulen un total de 95 % de las emisiones serán consideradas como categorías clave.

En la Tabla A 4 del Anexo A se muestran las categorías listadas de mayor a menor, según la evaluación de nivel por el Método 1. Destaca el hecho de que solo 13 categorías representan 90 % de las emisiones y absorciones de GEI del país en 2016. Es así como las absorciones de CO₂ de las tierras forestales que permanecen como tales, es la principal categoría con 35.1 %, seguida de las emisiones de CO₂ en la generación de electricidad con 19.8 %.

La figura 2.23 muestra el análisis de las mismas categorías claves contenidas en la Tabla A4 del Anexo A. Se puede apreciar que las categorías claves que más aportan a las emisiones provienen de los sectores Energía y AFOLU.

Tabla 2.23 Nivel y tendencia de categorías claves del INGEI de Cuba. Serie 1990-2016 (métodos 1 y 2)

Código IPCC	Categorías del IPCC	Gases	Criterios de Identificación			
			Nivel 1	Tendencia 1	Nivel 2	Tendencia 2
1.A.1	Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CO ₂	X	X		
1.A.1	Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO ₂	X	X	X	X
1.A.2	Industrias manufacturera y de construcción (combustibles líquidos)	CO ₂	X	X		
1.A.3.a	Aviación civil	CO ₂	X	X		
1.A.3.b	Transporte terrestre	CO ₂	X	X		

Tabla 2.23 (continuación)

Código IPCC	Categorías del IPCC	Gases	Criterios de Identificación			
			Nivel 1	Tendencia 1	Nivel 2	Tendencia 2
1.A.3.e.ii	Transporte todoterreno	CO ₂		X		
1.A.4	Otros sectores - Comercial/Institucional	CO ₂	X	X		
1.A.4	Otros sectores - Residencial	CO ₂	X	X		
1.A.4	Otros sectores - Agricultura, Silvicultura y Pesca	CO ₂		X		
1.B.2.a	Emisiones fugitivas de combustibles “Petróleo”	CH ₄	X	X	X	X
1.B.2.b	Emisiones fugitivas de combustibles “Gas Natural”	CH ₄		X		X
2.A.1	Industria de los minerales - Producción de cemento	CO ₂	X	X		
2.B.1	Industria química - Producción de amoníaco	CO ₂		X		
2.C.1	Industria metalúrgica - Producción de hierro y acero	CO ₂		X		
3.A.1.a.i	Fermentación entérica “Vacas lecheras”	CH ₄	X		X	
3.A.1.a.ii	Fermentación entérica “Otros vacunos”	CH ₄	X		X	X
3.A.2.a.ii	Gestión del estiércol “Otros vacunos”	CH ₄	X		X	X

Código IPCC	Categorías del IPCC	Gases	Criterios de Identificación			
			Nivel 1	Tendencia 1	Nivel 2	Tendencia 2
3.B.1.a	Tierras forestales que permanecen como tales	CO ₂	X	X	X	X
3.C.4	Emisiones directas de N ₂ O provenientes de suelos gestionados	N ₂ O	X	X	X	X
3.C.5	Emisiones indirectas de N ₂ O provenientes de suelos gestionados	N ₂ O	X	X	X	
3.C.6	Emisiones indirectas de N ₂ O provenientes de gestión del estiércol	N ₂ O	X		X	X
4.A.3	Sitios de disposición de desechos sólidos no categorizados	CH ₄	X	X	X	X
4.D.1	Tratamiento y descarga de aguas residuales: Domésticas	N ₂ O			X	X
4.D.1	Tratamiento y descarga de aguas residuales: Domésticas	CH ₄	X	X	X	X
4.D.2	Tratamiento y descarga de aguas residuales: Industriales	CH ₄		X	X	

2.6 Actualización del INGEI

La preparación del INGEI se concibe como un proceso permanente y de continua actualización, conducido en buena medida, por la introducción periódica de nuevos conocimientos que mejoran los métodos de cálculo o posibilitan

una mejor selección y captación de los datos de actividad utilizados. Así, el inventario se considera único y como un proceso continuo.

A partir de esta premisa y de los compromisos internacionales más recientes, para mejorar la calidad del inventario es necesario realizar transformaciones sustanciales respecto a los reportes previos enviados a la CMNUCC y otros presentados a nivel nacional que permitan elaborar informes de INGEI con mayor calidad.

Fueron revisados los diferentes INGEI y reportes entregados a la CMNUCC por países de América Latina con mayor experiencia en el cumplimiento de estos compromisos como Chile, Colombia, Uruguay, México y Argentina principalmente.



Figura 2.23 Categorías claves, según la evaluación de nivel por el método 1. Año 2016 en valores porcentuales acumulativos.

2.6.1 Principales cambios

Se identificó la necesidad de migrar, en corto plazo, a la aplicación de las *Directrices del IPCC 2006* para la estimación de las emisiones y absorciones de

los GEI. Con ese objetivo, se mejoraron los arreglos institucionales y se estableció un formato único de reporte para todos los sectores. Estos cambios se hicieron tanto para aspectos transversales como sectoriales (Cuadro A 1 del Anexo A).

2.6.2 Recálculos

Teniendo en cuenta los cambios metodológicos realizados y el refinamiento de los datos para mejorar la calidad de los INGEI, se requiere recalcular toda la serie de tiempo para garantizar su coherencia. A continuación, se justificarán los nuevos cálculos y su influencia en las emisiones y absorciones de GEI incluidos en el INGEI en la serie 1990 en esta comunicación nacional respecto al último INGEI para la serie 1990-2002 (años pares¹⁹⁾ presentado ante la CMNUCC en la Segunda Comunicación Nacional (SCN) en el año 2015.

En general, las emisiones de GEI de la 3CN muestran un aumento promedio anual de 5 235.4 kt CO₂ eq, lo cual representa 14.01 % superior respecto a la SCN (Figura 2.24) excluyendo las absorciones por el sector FOLU. Estas mejoras realizadas en el INGEI permitieron llegar a la conclusión de que se estaban subestimando las emisiones del país.

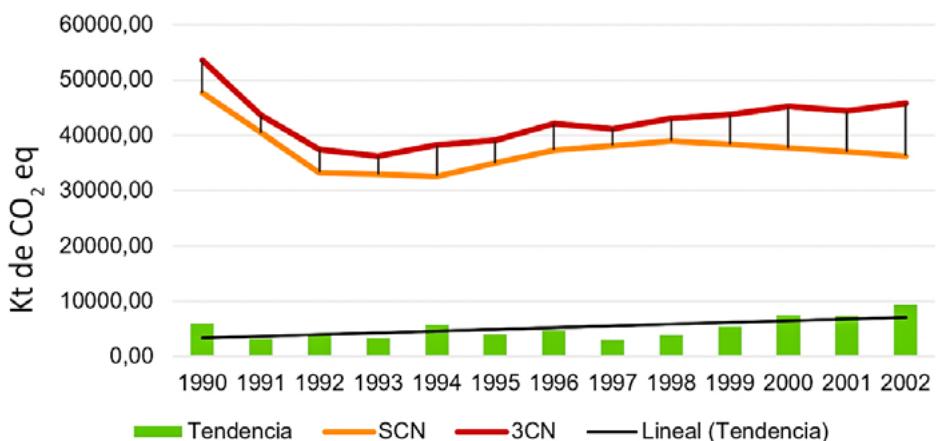


Figura 2.24 Comparación de las emisiones de GEI entre INGEI (kt CO₂ eq). INGEI 2016 y el INGEI 2002. Fuente: Equipo Técnico de Inventario Nacional de GEI.

Si se tiene en cuenta el sector FOLU, el balance general de emisiones de GEI de la 3CN respecto a la SCN (Figura 2.25), es inferior en un promedio anual de 230.9 kt CO₂ eq (0.9 % menores).

Esta disminución se debe, fundamentalmente, al crecimiento en las absorciones en la serie del INGEI de la 3CN con respecto a la SCN en 43.9 % como promedio para toda la serie, debido al aumento del volumen de biomasa en bosques artificiales, incorporación de valores de contenido de carbono en la biomasa propios de país, valores propios de país en la densidad de la madera por surtidos y en los contenidos de carbono en la madera cosechada. (Álvarez y Mercadet, 2016).

Solo los años 1996, 2000, 2001 y 2002 tuvieron valores superiores de emisiones para la 3CN respecto a la SCN, debido a un decrecimiento de las absorciones de GEI en el período 1996-2002 del INGEI presentado en la 3CN. Dicha disminución tiene su origen en un incremento de las extracciones de madera de los bosques en Cuba para esos años.

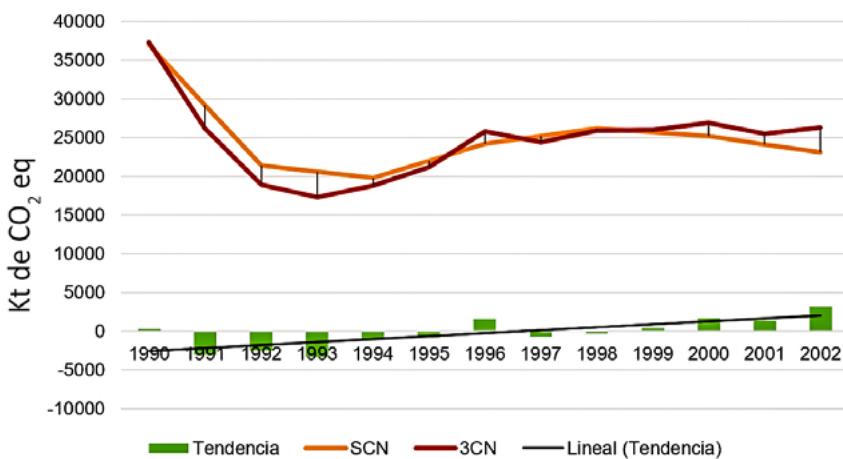


Figura 2.25 Comparación balances de emisiones de GEI entre INGEI (kt CO₂ eq). INGEI 2016 y el INGEI 2002. Incluye FOLU. Fuente: Equipo Técnico de Inventario Nacional de GEI.

CAPITULO 3. PROGRAMAS QUE COMPRENDEN MEDIDAS PARA FACILITAR LA ADECUADA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

En este capítulo, además de describir los programas y proyectos relacionados con la adaptación al cambio climático y los avances logrados en la implementación de las opciones de adaptación, se abordan las temáticas siguientes: variaciones y cambios observados en el clima de Cuba; proyecciones del clima y del nivel del mar; y vulnerabilidad, impactos y adaptación en sectores socioeconómicos y ecosistemas. En adición, se desarrollaron varios estudios de caso, en áreas seleccionadas, que serán publicados aparte en una multimedia, actualmente en preparación.

3.1 Programas y proyectos sobre adaptación al cambio climático

La estrategia para el desarrollo del país quedó descrita en la actualización de los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución, documento aprobado por el VII Congreso del Partido Comunista de Cuba en el año 2016. En el Lineamiento 107 de dicho documento se expresa: “*Acelerar la implantación de las directivas y de los programas de ciencia, tecnología e innovación, dirigidos al enfrentamiento del cambio climático, por todos los organismos y entidades, integrando todo ello a las políticas territoriales y sectoriales, con prioridad en los sectores agropecuario, hidráulico y de la salud. Incrementar la información y capacitación que contribuyan a objetivar la percepción de riesgo a escala de toda la sociedad*” (Partido Comunista de Cuba, 2016). Consecuente con este Lineamiento, el 25 de abril de 2017, el Consejo de Ministros de la República de Cuba aprobó el Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático; de la misma manera que el PENDES 2030 se ha establecido teniendo en cuenta los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS), y sus proyecciones toman en cuenta la adaptación y mitigación del cambio climático.

Este Plan de Estado, también conocido como Tarea Vida, está inspirado en el pensamiento del líder histórico de la Revolución Cubana Fidel Castro Ruz; tiene como antecedentes las investigaciones que sobre las repercusiones

del cambio climático inició la Academia de Ciencias de Cuba en 1991 y que se intensificaron como respuesta a los impactos negativos causados por los huracanes Charley e Iván en el año 2004. El plan contempla 5 acciones estratégicas y 11 tareas, que incluyen una primera identificación de áreas priorizadas, con énfasis en la protección de la vida humana, la seguridad alimentaria y el desarrollo del turismo.

Las tareas del Plan de Estado que se relacionan más directamente con la adaptación al cambio climático, están dirigidas a:

- reducir la vulnerabilidad en las 15 zonas priorizadas del país;
- recuperar las playas arenosas;
- proteger los suelos y las aguas y recuperar los manglares mediante la reforestación;
- rehabilitar y conservar los arrecifes de coral;
- implementar medidas de adaptación vinculadas con la alimentación, la energía, el ordenamiento territorial y urbano, la pesca, la agropecuaria, la salud, el turismo, la construcción, el transporte, la industria y el manejo integral de los bosques.

Los organismos de la Administración Central del Estado contribuyen con sus **programas de desarrollo** a la adaptación al cambio climático. Los más importantes son:

Programa de uso racional y ahorro del agua. Su objetivo es promover nuevas formas y hábitos de consumo de agua, como una vía para reducir su uso indiscriminado y asegurar su protección (www.hidro.cu).

Programa de mejoramiento y conservación de los suelos. Implementado desde el año 2000, tiene por objetivo detener la degradación de los suelos y crear las condiciones que permitan una rehabilitación paulatina de los mismos.

Programa de lucha contra vectores transmisores de enfermedades. Su objetivo es mantener estricto monitoreo y control de las distintas especies de vectores que puedan constituir riesgos epidemiológicos, incluyendo las especies exóticas invasoras. Proporciona asesoría y lleva a cabo investigaciones que garantizan soluciones oportunas, e influye en el desarrollo y producción de productos biológicos destinados al control de los vectores (www.infomed.sld.cu).

Programa forestal nacional. La superficie cubierta de bosque ha crecido sostenidamente en Cuba a partir del año 1959, en que solo era alrededor de 14 %, hasta alcanzar 31.23 % al cierre del año 2017. El área forestal cubierta es de 3 042 027 hectáreas, de ellas 2 709 033 son bosques naturales y 532 094 son de plantaciones establecidas. El trabajo de reforestación según el programa hasta el 2030 está dirigido en dos vertientes fundamentales: plantaciones con especies de rápido crecimiento en las zonas llanas y premontañosas, y plantaciones de carácter protector con especies autóctonas en las cuencas hidrográficas. De esta manera se garantizan las necesidades de la economía nacional con diferentes surtidos de madera y biomasa para la producción de energía y se protegen los suelos, los ríos, embalses y costas, en las zonas montañosas con altas pendientes y se contribuye a la reconversión de áreas afectadas por la minería.

Estrategia nacional de gestión y manejo del fuego para los bosques de la República de Cuba. Tiene como misión la de organizar y dirigir la gestión y manejo del fuego en los bosques, a partir de un enfoque sistémico, implementando políticas, programas y planes que articulen la participación de los Organismos de la Administración Central del Estado (OACE), órganos e instituciones estatales, y su objetivo es consolidar y cohesionar el sistema de protección contra incendios forestales con el propósito de mantener en un rango mínimo permisible las afectaciones ocasionadas por estos siniestros.

Los bosques son fundamentales para la adaptación y mitigación del cambio climático, pero los incendios forestales constituyen un fenómeno que, incrementa la deforestación de los suelos, la pérdida de la diversidad biológica y de la cobertura vegetal. El comportamiento histórico de los incendios forestales manifiesta una alta variabilidad tanto en su ocurrencia como en las afectaciones, y las causas de su surgimiento son multifactoriales. La época de mayor riesgo para el surgimiento de incendios en áreas rurales, es entre los meses de febrero a mayo, donde históricamente ocurre 83 % de los incendios de este tipo, con mayor peso en marzo y abril, por lo que se considera como período de alta peligrosidad.

La adaptación al cambio climático es también objeto de importantes **programas nacionales**, como son los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo para diferentes extremos climáticos, implementados hasta el nivel local; y el macroproyecto denominado “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana asociados al ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100”. Además, se cuenta con la ejecución de tres Programas de

investigación científica de interés nacional, que contribuyen notablemente al mejor entendimiento del cambio climático y sus consecuencias. Estos programas son: “Cambio climático en Cuba: impactos, mitigación y adaptación”, “Meteorología y desarrollo sostenible del país”, y “Uso sostenible de los componentes de la diversidad biológica de Cuba”.

En Cuba también se ejecuta un conjunto de **proyectos con financiamiento internacional**, que guardan relación con la adaptación al cambio climático; entre los más importantes están:

- **Bases ambientales para la sostenibilidad alimentaria local (BASAL).** Ha permitido entender impactos y vulnerabilidades de los sistemas agroproductivos en las zonas de intervención a nivel local, así como identificar, priorizar e iniciar la implementación de las medidas de adaptación. A su vez, ha promovido varios espacios de reflexión y análisis colectivo integrando aprendizajes y transformando las prácticas de productores, investigadores y decisores en los diferentes niveles de intervención.

Programa de asociación de país en apoyo a la implementación del Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía de la República de Cuba. Manejo sostenible de tierras (CPP OP-15). Facilita la innovación, la demostración y la replicación de las buenas prácticas de gestión sostenible de la tierra, incluidos los sistemas tradicionales de gestión en Cuba. El efecto multiplicador generado por el proceso de inclusión social con la participación efectiva de los principales grupos y actores claves, incluidas las comunidades locales, el progresivo rol de la mujer en la conservación ambiental y producción en tierras bajo MST, incrementa exponencialmente las posibilidades de replicabilidad y de sostenibilidad.

- **Un enfoque paisajístico para conservar ecosistemas montañosos amenazados. (Conectando paisajes).** Tiene por objetivo conservar la biodiversidad con un enfoque innovador, a escala paisajística, mediante la conectividad de fragmentos de ecosistemas montañosos amenazados, siguiendo un gradiente altitudinal, es decir, desde la cima hasta la costa, donde se integren intereses económicos y conservacionistas, de manera armónica y compatible, en función de paliar la pérdida de biodiversidad y aumentar su capacidad de generar bienes y servicios medioambientales para mejorar el bienestar social de los pobladores de las montañas.

Reducción de la vulnerabilidad a las inundaciones costeras mediante adaptación basada en ecosistema en el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque. (Manglar vivo). El proyecto busca reducir la vulnerabilidad de las comunidades situadas en las áreas costeras de las provincias de Artemisa y Mayabeque al sur de Cuba, frente a los fenómenos relacionados con el cambio climático, incluyendo la erosión costera, inundaciones e intrusión salina. Se centra específicamente en un tramo de litoral de 84 km de longitud cubriendo un área de 27 500 ha, pertenecientes a seis municipios costeros de las provincias Artemisa y Mayabeque.

- **Sexto Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica.** Desarrollará el Sexto Informe Nacional exponiendo el cumplimiento de los compromisos de Cuba como país Parte del Convenio sobre la Diversidad Biológica, de las metas nacionales adoptadas bajo el Programa Nacional sobre la Diversidad Biológica 2016-2020. Informará a su vez el progreso hacia el logro de las Metas de Aichi. Este proyecto tiene la responsabilidad de compilar y sintetizar lo que en materia de diversidad biológica se realiza en el país.
- **La iniciativa de finanzas para la biodiversidad (BIOFIN).** La iniciativa BIOFIN contribuye a la implementación del Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático en la República de Cuba (Tarea Vida) y a la implantación del Programa Nacional de Diversidad Biológica y su plan de acción 2016-2020, al proponer soluciones para la movilización de recursos financieros.

Incorporando consideraciones ambientales múltiples y sus implicaciones económicas en el manejo de paisajes, bosques y sectores productivos en Cuba (ECOVALOR). Promueve la generación de beneficios ambientales globales múltiples, basados en la valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos, como una herramienta para la toma de decisiones en materia de protección ambiental. Específicamente, aborda las amenazas asociadas con el crecimiento del turismo masivo, la emisión de desechos líquidos provenientes de fuentes industriales, extractivas y domésticas, la agricultura insostenible, el transporte marítimo y las operaciones portuarias.

- **Mejorando la prevención, control y manejo de las especies exóticas invasoras en ecosistemas vulnerables en Cuba.** Este proyecto concluyó exitosamente en diciembre de 2017 y tuvo por objetivo general salva-

guardar la diversidad biológica de importancia global en ecosistemas vulnerables, a través del desarrollo de capacidades a nivel sistémico para prevenir, detectar, controlar y manejar la diseminación de especies exóticas invasoras (EEI) en Cuba. Entre otros logros, el proyecto fortaleció el trabajo de las comunidades, en cuanto a la percepción del impacto y riesgo de estas especies, las alternativas de su uso y aprovechamiento, y las afectaciones a las especies nativas. Al mismo tiempo que promovió una participación activa de las comunidades, incrementó la sensibilización de los especialistas y técnicos, de los tomadores de decisiones de gobierno y de los diferentes sectores involucrados en el proyecto y en la población en general.

3.2 Avances en la implementación de las opciones de adaptación

En la Segunda Comunicación Nacional se presentaron varias propuestas de medidas para adaptarse a los impactos observados y previstos del cambio climático en Cuba. Desde entonces se han obtenido interesantes experiencias en adaptación en los sectores socioeconómicos y ecosistemas objeto de estudio, como se señala a continuación.

3.2.1 Recursos hídricos

En el caso cubano puede afirmarse que la principal garantía para enfrentar con éxito los efectos negativos del cambio climático sobre los recursos hídricos, es el desarrollo hidráulico alcanzado y en proceso de sistemática ampliación. Ello ha permitido asegurar las necesidades del recurso agua para el desarrollo sostenible del país con 242 presas, 700 micropresas, 790 km de canales magistrales y 914 km de obras de protección (88 km contra intrusión marina y el resto contra inundaciones).

El tema de la adaptación al cambio climático en los Recursos hídricos ha tenido un gran respaldo por normativas de alto nivel, incluso, desde que el Proyecto de la Segunda Comunicación Nacional estaba en ejecución.

En diciembre de 2012, el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros de la República de Cuba aprobó la Política Nacional del Agua, política que constituye la vía para alcanzar la visión que se propone el país para el desarrollo del sector hídrico. Para su elaboración, se utilizaron varios documentos y estrategias que plantean soluciones a los problemas de manejo y uso del agua, entre ellos el Plan de medidas de adaptación del recurso agua al impacto del cambio

climático. Dicha Política establece cuatro prioridades, y todas incorporan de alguna manera la adaptación al cambio climático: 1) el uso racional y productivo del agua disponible; 2) el uso eficiente de la infraestructura construida; 3) la gestión de riesgos asociados a la calidad del agua; y 4) la gestión de riesgos asociados a eventos extremos del clima.

Por otra parte, el propio Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), a finales del año 2014 aprobó el **Plan Hidráulico Nacional para el período 2015-2020** (PHN-2020), el cual forma parte de las acciones para la implementación, tanto de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución y muy especialmente los referidos a la Política Hidráulica del país, como de la Política Nacional del Agua aprobada en diciembre de 2012. En el PHN-2020 se introdujeron las medidas y acciones para la protección contra y la adaptación al impacto negativo de los eventos extremos del clima y del cambio climático con incidencia en la gestión de las aguas terrestres.

En julio de 2018 el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros aprobó la actualización del **Plan Hidráulico Nacional para el período 2018-2030**. Como paso previo se realizó un detallado diagnóstico del estado de la gestión integral del agua en Cuba, con énfasis en los siguientes aspectos: eficiencia en el uso del agua, problemas en los servicios de abasto de agua potable y saneamiento a la población y a otros sectores de la sociedad, la protección de los recursos hídricos, y los efectos del cambio climático en la gestión del agua. Este Plan utilizó como referencias: los Lineamientos para la actividad hidráulica aprobados en el VII Congreso del PCC, los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación en Cuba (Planos, 2013), las acciones indicadas en el Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida), el Esquema Nacional de Ordenamiento Territorial hasta el año 2030 (ENOT-2030), el Programa de Desarrollo del Turismo hasta el año 2030, los Planes de desarrollo agrícola e industrial del Minag y AzCuba, y otras demandas de la economía y el medio ambiente.

Otro paso importante en el tema de la adaptación al cambio climático en los recursos hídricos, lo constituye la aprobación el 14 de julio de 2017 y entrada en vigor desde el 14 de febrero de 2018 de la **Ley No. 124 de las Aguas Terrestres**. En unos de sus POR CUANTO la Ley establece: “*La gestión integrada de las aguas terrestres, recurso natural renovable y limitado, requiere de una eficaz planificación, dirigida a satisfacer el interés general de la sociedad, la economía, la salud y el medio ambiente, con el fin de garantizar su preservación en armonía con el desarrollo económico y social sostenible y la adopción*

de medidas ante los eventos derivados del cambio climático”. Dicha ley incorpora explícitamente la adaptación al cambio climático en cinco artículos. En particular, es de especial interés el ARTÍCULO 2: “Son objetivos de esta Ley: a) ordenar la gestión integrada y sostenible de las aguas terrestres...; b) establecer las medidas para la protección de las aguas terrestres sobre la base de su planificación y preservación...; c) establecer las medidas para la reducción de desastres por la incidencia, fundamentalmente, de los eventos hidrometeorológicos extremos en las aguas terrestres y la adaptación al cambio climático”.

Las regulaciones anteriormente mencionadas han incidido positivamente en avances significativos en la implementación de medidas y acciones de adaptación de los recursos hídricos, entre las cuales merecen destacarse las siguientes:

- los habitantes con servicio de abasto de agua se incrementaron en 2.2 % en relación al año 2013;
- 1.7 millones de personas reciben mejoras en el servicio de agua potable en relación al año 2013;
- la población con servicio de saneamiento básico se incrementó en 2.7 % (364 600 habitantes) en relación al año 2013.
- rehabilitados 2 379 km de conductoras y redes de acueducto;
- recuperados unos 120 millones de m³ de agua;
- avances en la gestión de riesgos de desastres asociados a eventos extremos del clima (cuarta prioridad de la Política Nacional del Agua);
- avances en la vigilancia y la alerta temprana de sequías e inundaciones (proyectos de colaboración internacional como FORSAT), metodologías de evaluación de sequía hidrológica, sistema de vigilancia de crecidas asistido por simulación hidrológica-hidráulica en tiempo real, y procedimientos operativos de sistemas de vigilancia;
- estrategia de comunicación del INRH (ofensiva mediática);
- estudios y proyectos de investigación (nuevo mapa hidrogeológico; potencial hídrico, evaluación de la efectividad de las obras hidráulicas ante el cambio climático, proyecto para el fortalecimiento de las capacidades del manejo del agua subterránea y el control de la intrusión salina en la República de Cuba).

3.2.2 Zonas costeras y recursos marinos

Se han difundido las construcciones bi-plantas en algunas zonas costeras bajas, con la finalidad de reducir pérdidas materiales y la amenaza a la vida

humana ante inundaciones costeras temporales. Se han realizado actividades dirigidas a la educación de las poblaciones costeras y se han aplicado medidas en los casos que se han requerido con la finalidad de reducir las violaciones urbanísticas que propician el aumento demográfico en zonas bajas de la costa.

Mediante el proyecto “Reducción de la vulnerabilidad a las inundaciones costeras mediante adaptación basada en ecosistema en el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque” (Manglar Vivo), se armonizan con éxito las actividades económicas con la naturaleza en las zonas costeras, en los que la vegetación ha sido un tema importante. Otros proyectos nacionales trabajan en la reducción de las múltiples presiones antropogénicas sobre los arrecifes de coral, pastos marinos, manglares y playas, vulnerables al cambio climático, y en la recuperación de los ecosistemas marino-costeros y acuáticos a través de una gestión sostenible. Por otra parte, se ha trabajado intensamente en la realización de vertimientos de arena para la regeneración de playas de uso turístico en Varadero, Cayo Coco, Cayo Guillermo y el polo turístico de Villa Clara. También se realizan construcciones y labores de mantenimiento de las pasarelas sobre las dunas y demolición selectiva de las edificaciones sobre las dunas.

3.2.3 Agricultura

En este importante sector se evaluaron en la Segunda Comunicación Nacional los cultivos de papa, arroz y tabaco, además de la ganadería porcina. Los avances en la adaptación al cambio climático en estas cuatro áreas se resumen a continuación:

Papa: los rendimientos del cultivo de la papa están muy relacionados con el comportamiento de las variables meteorológicas y fundamentalmente, con la temperatura. En muchos casos la diferencia de temperatura entre las provincias del oriente del país que producían papa (Camagüey, Las Tunas y Holguín) y las del centro y occidente llega hasta 4 °C, y por tanto sus rendimientos estaban muy por debajo de la media nacional. La primera medida de adaptación al cambio climático fue eliminar su cultivo en aquellas provincias que no reunían condiciones climáticas apropiadas para su desarrollo. Actualmente, la papa solamente se cultiva en ocho provincias (Pinar del Río, Artemisa, Mayabeque, Matanzas, Cienfuegos, Villa Clara, Sancti Spíritus y Ciego de Ávila) y en el municipio especial Isla de la Juventud, territorio que comprende el área

centro-occidental del país, donde las temperaturas registran una media histórica inferior a los 23 °C durante el mes de enero, el más frío del año.

La utilización de variedades de alto potencial de rendimiento ha sido otra de las medidas de adaptación para aumentar los rendimientos. Las pruebas de las nuevas variedades de adaptación han jugado un papel importantísimo en cinco sitios del país (San José de las Lajas, Batabanó, Matanzas, Villa Clara y Ciego de Ávila). Estos estudios han permitido seleccionar las variedades mejor adaptadas a los sitios específicos, de forma tal que se puedan explotar en cada territorio las variedades de mejor comportamiento.

Arroz: se han logrado 12 variedades de arroz, entre las que se encuentran las que poseen tolerancia a la salinidad, a bajos insumos de agua y fertilizantes, a las bajas temperaturas en fase de plántula, al ácaro *Steneotarsonemus spinki*; y las que muestran alto potencial de rendimiento agrícola, y buen comportamiento en condiciones de bajos insumos y en aniego. Se ha trabajado en fuentes de resistencia a estreses bióticos y abióticos dentro de los que destacan la resistencia al insecto *Tagosodes orizicolus* (transmisor del virus de la hoja blanca); al punto de que 100 % de las variedades liberadas son resistentes a este insecto. En cada fase de la obtención de la semilla original se prueban todas las líneas, para asegurar que la semilla mantenga este carácter de resistencia, por lo que se eliminaron 100 % de las aplicaciones de insecticidas para el control de este insecto en el país (Suárez, 2012). También han sido producidas 7 toneladas de semillas de cultivares de arroz resistentes a condiciones adversas y se establecieron 272 ha de rotación de arroz con otros granos.

Tabaco: un nuevo diseño de casas de tabaco que atenúa los efectos del cambio climático empieza a ganar terreno en las vegas pinareñas. Con varias modificaciones respecto a las tradicionales, que durante varios siglos han caracterizado el paisaje de Vueltasabalo, las nuevas construcciones poseen un puntal más bajo y una mayor área de apoyo, que las hace más resistentes a los vientos. El puntal se reduce 30 % con respecto a las casas tradicionales y el ancho aumenta de 10.2 a 19.2 metros, incrementándose la capacidad de curación en más del 60 % con los mismos materiales. Poseen dos pasillos laterales, en lugar de uno central, facilitando las acciones para controlar el exceso de humedad en caso de intensas lluvias, pues el tabaco queda separado de las paredes y las ventanas, y aunque llueva con viento, no se moja.

Las mujeres que se dedican al ensarte trabajan en los pasillos, al lado de las ventanas, y no en el centro, como se hace tradicionalmente. Esto propicia

una mejor iluminación, facilita la manipulación del tabaco dentro de la casa y reduce el peligro de que ocurran daños mecánicos. Antes había que esperar a que las mujeres terminaran, a las cinco de la tarde, para ubicar el tabaco en la parte más alta, pero de esta forma se puede hacer al mismo tiempo, sin peligro de accidente.

Dos proyectos de investigación se ejecutaron para estudiar las variedades resistentes al estrés abiótico, generado por la disminución de la disponibilidad de agua y humedad, así como al aumento de la salinidad y las plagas. Los resultados muestran que el cultivar Corojo 2006 produjo el mayor rendimiento total, mientras el Criollo 2010 obtuvo mayor rendimiento en clases exportables. Se logró una valiosa información para la detección de síntomas de toxicidad por salinidad.

Ganado porcino: el sector porcino ha garantizado que el mayor número de crecimiento de la masa se encuentre en la zona central y occidental del país, donde tanto los registros históricos como los previstos reportan valores menores de temperatura y estrés térmico. Se va mejorando el confort del hábitat de los cerdos, elevando los techos y utilizando la reventilación central de las naves. De esta manera los techos se re-diseñan para tener en la parte más baja una altura de 2.40 m y en la más alta de 3.60 m.

3.2.4 Bosques

Las especies forestales arbóreas endémicas de varias de las regiones montañosas del país han sido identificadas y valorados los riesgos de extinción que podrían enfrentar, para acometer posteriormente, en la medida de lo posible, un programa para la conservación de esos recursos genéticos.

Las áreas que serán afectadas por el aumento del nivel del mar han sido identificadas e informadas a 19 empresas que administran más del 25 % del patrimonio forestal nacional, a fin que puedan definir qué especies de interés comercial allí presentes requieren ser protegidas.

Los municipios más vulnerables a la muerte regresiva climática han sido identificados y clasificados por niveles de riesgo, describiendo la composición de sus bosques; de forma conjunta entre varias instituciones del país se ha iniciado la preparación de un sistema de alerta climática para el sector forestal de esos territorios.

Las investigaciones para sustentar los programas de control de plagas, incluyendo las que potencialmente pudieran llegar al país como consecuencia

de eventos meteorológicos extremos, se mantienen en ejecución y se argumenta al Sistema de Sanidad del Minag la importancia de reactivar el inventario nacional de plagas forestales.

En Álvarez *et al.* (2017) se encuentra una compilación exhaustiva de la información disponible sobre impactos y adaptación al cambio climático en el Sector Forestal.

3.2.5 Asentamientos humanos y uso de la tierra

Asentamientos humanos y población: para proteger la tierra del crecimiento desmedido de nuevas urbanizaciones, el crecimiento urbano se hace al interior de las ciudades con urbanización existente (viales, agua, electricidad, comunicaciones y servicios básicos). Se sellan las áreas libres, y en la medida de las posibilidades en el crecimiento se emplean edificios de varias plantas. La Tarea Vida y el Ordenamiento Territorial procuran evitar el incremento de elementos en exposición en zonas de riesgo. En las zonas costeras se cuenta con regulaciones de edificación, ingreso de población permanente, y están estudiadas las zonas de relocalización de la población, en particular tras el paso de huracanes devastadores.

Otras medidas de adaptación ya en práctica desde la Segunda Comunicación Nacional:

- proyectos de viviendas de mayor confort, iluminación y ventilación sin depender de la climatización artificial;
- estudio de acciones para cosechas de agua e incremento de la capacidad de almacenamiento en las viviendas en áreas de sequía;
- implementación de programas de plantas desalinizadoras para objetivos turísticos en cayos y asentamientos humanos costeros aislados;
- sustitución paulatina de redes extra-domiciliarias para evitar pérdidas en ciudades con interconexión de sistemas de abasto. Reajuste de normas de consumo de agua y establecimiento de un nuevo sistema de cobro del recurso distribuido;
- soluciones alternativas mediante pipas a las ciudades con crisis de agua del abasto. Incremento de capacidades de recepción del recurso hídrico.
- regulaciones y prohibiciones urbanas para asentamientos expuestos al ascenso del nivel medio del mar;
- acomodo y relocalización de viviendas de asentamientos costeros afectables y eliminación de la exposición a peligros hidrometeorológicos;

- prohibición de licencias para nuevas viviendas de veraneo y el no compromiso del estado de la restitución de estos inmuebles en los asentamientos humanos costeros;
- cambio de funciones de espacios sometidos a eventos de inundación por espacios públicos con edificaciones ligeras.

Uso de la tierra: a partir de investigaciones, tanto el Minag como AzCuba, introducen variedades de cultivos básicos más resistentes a las sequías. Desde el Esquema Nacional de Ordenamiento Territorial se promueve el incremento de las áreas boscosas en suelos con pendientes fuertes y en los márgenes de ríos y embalses. En las zonas urbanas, se promueve la incorporación del verde, previa conciliación con las redes técnicas de acueducto, evacuación de residuales líquidos, drenaje pluvial, y con los sistemas aéreos de distribución de energía y comunicaciones. Con esta medida se mejoran las condiciones ambientales y se reduce el impacto de las altas temperaturas.

Se han creado polígonos especiales para mejorar las condiciones de los suelos, desarrollar variedades resistentes al nuevo escenario de altas temperaturas, incrementar el control de plagas, lograr el manejo blando de los suelos, usarlo más racionalmente y emplear tecnologías ahorradoras de agua. Se extienden los principios de agricultura sostenible y agricultura orgánica, mientras los índices de aplicación de fertilizantes y pesticidas se han reducido significativamente.

Los organismos clave del sector agropecuario conducen programas de lucha contra la desertificación, la rehabilitación y preservación de los suelos. Se han recuperado los canales magistrales y se introducen sistemas de riego más eficientes. Todo apunta hacia la eliminación del riego por aniego, a excepción del arroz. Avanza el trasvase Este-Oeste del norte de la provincia Holguín para brindar riego a las zonas orientales deficitarias de agua. También ya se han iniciado los proyectos del trasvase Norte-Sur entre Holguín y Guantánamo.

Las tierras ociosas se entregan en usufructo a nuevos agricultores, obteniéndose mayor nivel de uso del recurso tierra. Para un mejor aprovechamiento de las potencialidades naturales de los suelos, su uso se hace corresponder con las posibilidades de adaptación de los cultivos, elevándose los rendimientos agrícolas.

3.2.6 Diversidad biológica

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas brinda una cobertura al 20.2 % de la extensión superficial del archipiélago cubano, y desempeña un papel funda-

mental en el enfrentamiento al cambio climático. Las especies y ecosistemas que están bajo esa cobertura son manejados de manera diferenciada, en consecuencia con la categoría de manejo que posee cada área protegida y, en sus planes de acción y proyecciones estratégicas, se incluye el monitoreo de los impactos del cambio climático, la adaptación y la mitigación.

Con el objetivo de eliminar las amenazas sobre la biodiversidad marina y costera, se han llevado a cabo acciones para la reducción de la contaminación, eliminar la sobreexplotación pesquera y el control de las especies exóticas invasoras. Se implementan planes de manejo en determinadas pesquerías de interés nacional, como la langosta espinosa y algunas especies de escama. Se ha promovido y ofrecido alternativas para la pesca de subsistencia en comunidades costeras promoviendo la creación de cooperativas pesqueras y acuícolas. A nivel nacional se promueve la integración del enfoque de ecosistema en la elaboración de los planes de desarrollo local. Se realizan acciones de rehabilitación ecosistémica que incluyen las de recuperación de manglares en diferentes localidades del país. Se crean viveros de diferentes especies de mangles en el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque y se comienza a experimentar la creación de granjas de corales en Pinar del Río.

El fomento del maricultivo es una opción de adaptación que contribuye a la seguridad alimentaria promoviendo nuevas alternativas de alimentación a la población y puede ser una vía para la rehabilitación de ecosistemas degradados, fomentando el desarrollo de poblaciones naturales de especies cuyos primeros estadios de vida sean producidos en condiciones controladas. Se trabaja para lograr mayor eficiencia y rendimiento en las producciones acuícolas que utilizan sistemas de cultivo intensivo y extensivo, mediante un manejo sostenible en al menos 20 % de los embalses dedicados a la acuicultura.

Se potencian programas de mejoramiento genético para las principales especies forestales comerciales y nativas, se recuperan y crean huertos semilleros de especies forestales autóctonas empleadas en los planes de reforestación, se conserva hasta 40 % *ex situ* y 50 % *in situ* de la diversidad genética con énfasis en las especies cultivadas y se promueve el uso de los conocimientos tradicionales y locales. Se construye el Banco de Germoplasma Central de Cuba, se organiza la gestión de los recursos microbianos y se implementan programas para la agricultura urbana y suburbana en el país.

Se inicia el proceso de validación de los instrumentos económicos aprobados para disminuir la pérdida de diversidad biológica (impuestos de todas las bahías principales, por vertimiento en las cuencas hidrográficas, el impuesto

de playas y otros). Se trabaja para promover la generación de beneficios ambientales basados en la evaluación económica de los bienes y servicios ecosistémicos como una herramienta para la toma de decisiones en materia de protección ambiental a partir de la ejecución del proyecto de investigación “Incorporando consideraciones ambientales múltiples y sus implicaciones económicas en el manejo de paisajes, bosques y sectores productivos en Cuba” (ECOVALOR).

Se promueve la realización de inventarios taxonómicos, diagnósticos, evaluaciones y monitoreo de indicadores del estado de la diversidad biológica del país. Se incorporan a investigaciones aquellos con escasa información o que sean de importancia para la rehabilitación ecosistémica. En los proyectos I+D e Innovación se da especial atención a ecosistemas priorizados por el valor de su diversidad biológica, grado de amenaza y vulnerabilidad.

3.2.7 Salud humana

La adaptación al cambio climático en el sector de la salud humana se concentra en la vacunación, la alerta temprana y la capacitación. Ha continuado perfeccionándose el programa de vacunación contra 13 enfermedades (hepatitis B, tuberculosis, meningococo BC, tétanos, hemophilus influenzae, rubéola, sarampión, poliomielitis, difteria, tosferina, parotiditis, fiebre tifoidea e influenza). Se reestructuró y fortaleció el Plan de vigilancia entomológica para la detección de vectores, se han implementado campañas de comunicación pública para la prevención contra el mosquito transmisor del dengue y otras arbovirosis, así como una campaña de difusión pública sobre el peligro para la salud y la economía de la invasión del caracol gigante africano (*Lissachatina fulica*).

El sistema de alerta temprana también se ha perfeccionado, en particular para las enfermedades trazadoras como las infecciones respiratorias agudas (IRA), enfermedades diarreicas agudas (EDA) y arbovirosis.

Se ha capacitado a los profesores de las Universidades de Ciencias Médicas de todo el país y al personal especializado del Minsap mediante dos diplomados: “Cambio climático y salud pública” y “El clima y su repercusión en la salud”. El tema de cambio climático se incluyó en la asignatura “Ambiente y Salud” de los programas de Ciencias Básicas y de postgrado en la Escuela Nacional de Salud Pública (ENSAP).

3.3 Variaciones y cambios observados en el clima de Cuba

Los estudios sobre las variaciones observadas en el clima de Cuba se han llevado a cabo desde la segunda mitad del pasado siglo. Las investigaciones indicaron la ocurrencia de cambios importantes en las variables climáticas. Sin embargo, no fue hasta 1997 que se logró un razonamiento integral que permitiera explicar, de manera coherente, muchos de los resultados obtenidos. En dicho año se presentó un primer informe denominado “Variaciones y cambios del Clima en Cuba” (Centella *et al.*, 1997), que se convirtió en una declaración oficial del Instituto de Meteorología sobre el tema en cuestión. Posteriormente, en el marco de la Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, se elaboró una segunda evaluación de las variaciones y tendencias del clima de Cuba. (Pérez *et al.*, 2011).

Para esta Tercera Comunicación Nacional, se actualizaron los hallazgos obtenidos en los informes antes mencionados, y se tuvieron en cuenta los resultados alcanzados en varios proyectos de investigación desarrollados recientemente. Todo ello permite mantener la hipótesis de que el clima en Cuba está transitando hacia un estado con características similares a un sistema climático con un efecto invernadero intensificado en la atmósfera terrestre. En particular, se señala el incremento de la temperatura superficial del aire, la reducción del rango diurno de la temperatura, así como cambios en los episodios extremos desde 1980, con un incremento estadísticamente significativo de los extremos cálidos y una disminución en los extremos fríos.

Por otra parte, se observó una menor frecuencia de sequías desde 1990, mientras que las precipitaciones no muestran tendencias significativas. Los indicadores de los extremos climáticos derivados de la lluvia no mostraron una tendencia clara ni un patrón espacial de incremento apreciable. No obstante, se pudo observar una prevalencia de tendencias al aumento en los indicadores que muestran eventos de lluvia intensa, y en el número de días consecutivos secos, mientras que el número de días consecutivos húmedos disminuye en la mayor parte de las estaciones analizadas.

Es de mucha importancia el incremento del número de huracanes intensos que han afectado a Cuba desde el año 2001. Durante los últimos 18 años se ha observado un incremento de la proporción de huracanes intensos en relación al total de huracanes de cualquier intensidad.

A continuación, se presenta un resumen que muestra los rasgos principales de las variaciones y cambios observados en el clima de Cuba.

3.3.1 Temperatura superficial del aire

Aumenta en 1.0 °C la temperatura media anual y en 2.0 °C la temperatura mínima media anual en el período 1951-2017. Cada una de las tres últimas décadas, ha sido más cálida que todas las anteriores.

- La temperatura media anual de Cuba muestra un incremento de 1.0 °C en el período 1951-2017 (Figura 3.1). La diferencia entre el valor medio de los últimos 10 años (2008-2017) y el de la década 1951-1960 asciende a 0.8 °C. El incremento de la temperatura es más marcado durante el trimestre diciembre-febrero (1.4 °C) que en el trimestre junio-agosto (0.9 °C). Cada una de las últimas tres décadas ha sido más cálida que todas las anteriores desde 1951, siendo el período de 10 años (2008-2017) más cálido que las décadas que le han antecedido.
- El incremento de la temperatura mínima media anual en el período 1951-2017 asciende a 2.0 °C. La diferencia entre el valor medio de los últimos 10 años (2008-2017) y el de la década 1951-1960 asciende a 1.6 °C. El incremento del trimestre diciembre-febrero es de 2.6 °C y el del período junio-agosto es de 1.8 °C.
- No se ha apreciado tendencia en la temperatura máxima media anual entre 1951-2017. Sin embargo, se registra un incremento durante el período 1978- 2017, ascendente a 0.8 °C y durante el trimestre junio-agosto de 0.5 °C.
- Nuevo récord de temperatura máxima absoluta para Cuba con un valor de 39.7 °C, registrado en la estación meteorológica de Veguitas, provincia de Granma, el 12 de abril de 2020.
- Se ha observado una disminución de la oscilación térmica media diaria de aproximadamente 2.0 °C. No obstante, se ha producido una estabilización del comportamiento de esta variable al no presentar tendencia entre los años 1978 y 2017.
- Las tendencias de la temperatura en períodos cortos están influidas por la variabilidad natural, tal y como sucede, por ejemplo, en las últimas tres décadas, en los que la tasa de calentamiento ha sido inferior a la media registrada desde 1951. En realidad, se ha observado que desde comienzos de los años noventa del pasado siglo se ha producido una estabilización del comportamiento de la temperatura media anual de Cuba, alrededor de un valor medio muy alto.

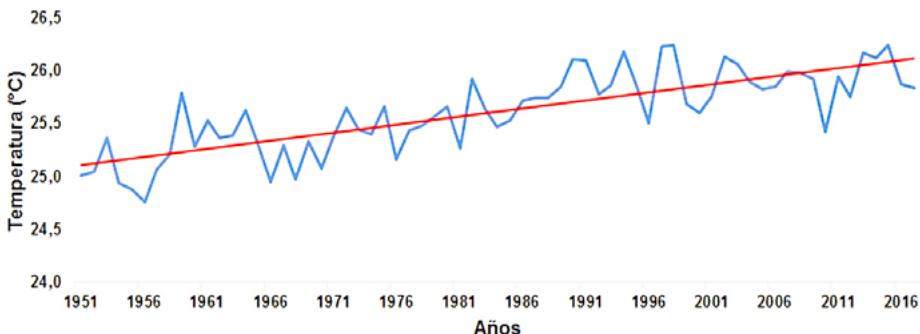


Figura 3.1 Temperatura media anual en Cuba. Período 1951-2017.

3.3.2 Precipitación y sequía

Comportamiento estable de la precipitación en las últimas décadas. Aunque los eventos de sequía se han reducido, en lo que va de siglo han ocurrido tres de los eventos más significativos de sequía (2003-2005, 2009-2010 y 2014-2015).

- La variación multianual de las anomalías de precipitación para Cuba en el período 1961-2017, refleja una ligera tendencia al incremento en las últimas décadas, pero esta no es estadísticamente significativa (Figura 3.2 a).
- En el período poco lluvioso, a pesar del predominio de anomalías negativas en los últimos años, se ha observado una ligera tendencia al incremento no significativa estadísticamente, que se asocia con la disminución de las magnitudes de las anomalías negativas (Figura 3.2 b).
- En el período lluvioso, no se aprecian tendencias importantes. Lo más relevante en este período se vincula con el comportamiento observado en la región oriental de Cuba. En esta región se ha producido una ligera recuperación de los acumulados que se manifiesta con un incremento y predominio de las anomalías positivas en los últimos años (Figura 3.2 c).
- A diferencia de las evaluaciones anteriores, en la actualidad las tendencias observadas no indican la ocurrencia de un proceso de redistribución de las precipitaciones dentro del año.
- La no existencia de tendencias significativas y la reducción de la variabilidad de la precipitación del período lluvioso permite afirmar con un alto nivel de seguridad, un comportamiento estable de la precipitación

en las últimas décadas, reduciéndose la presencia de eventos extremos como las sequías.

- Las tendencias decrecientes de la frecuencia de los déficits de totales de precipitación, son elementos que confirman una reducción de los eventos de sequía.
- Desde 1990 se ha observado una reducción en la frecuencia de ocurrencia de los eventos de sequía. Sin embargo, han ocurrido tres de los eventos de sequía más significativos en los períodos 2003-2005, 2009-2010 y 2014-2015.

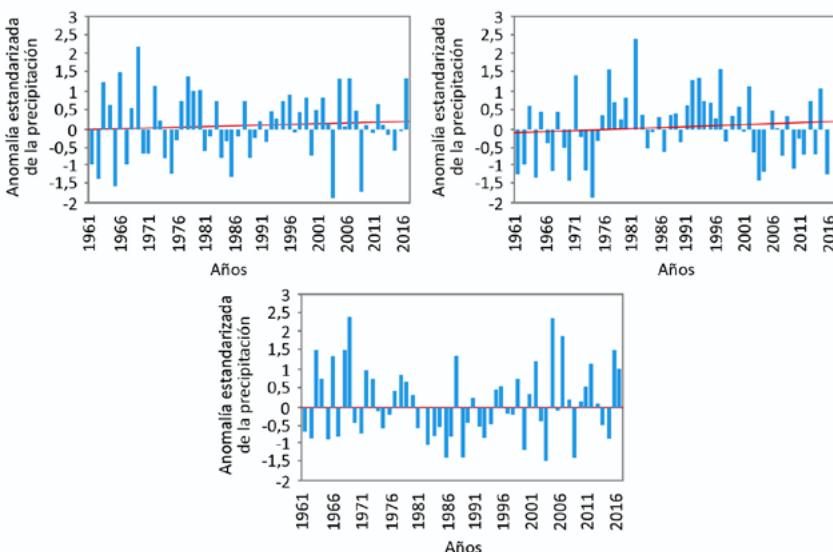


Figura 3.2 Variación multianual. Anomalías estandarizadas de precipitación. 3.2 a Panel superior izquierdo: valores anuales, 3.2 b Panel superior derecho: período poco lluvioso, 3.2 c Panel inferior: período lluvioso.

3.3.3 Extremos climáticos

En el período 1980-2017, los períodos cálidos son cada vez más frecuentes y los fríos disminuyen. Por lo general, las noches y días cálidos se incrementan, mientras que las noches y días fríos decrecen.

- Los valores máximos anuales de las temperaturas mínimas son cada vez más elevados. Los registros mínimos absolutos evidencian también un

incremento, aunque este no es estadísticamente significativo en las regiones central y occidental del país.

- La temperatura máxima absoluta anual muestra una tendencia creciente, principalmente en la parte sur de la región central.
- Ha ocurrido una disminución del rango diurno de la temperatura media, asociado a un incremento en las temperaturas mínimas y a la presencia de períodos cálidos. La razón de cambio en este indicador oscila entre los 0.03 °C y 0.23 °C por década. Los meses con mayor influencia en su tendencia son octubre y junio.
- Las noches tropicales (temperaturas mínimas por encima de los 20 °C) se incrementan de forma significativa, principalmente en la región centro-oriental.
- Las noches cálidas (por ciento de días con temperaturas mínimas mayor al percentil 90) se incrementan, mientras que las noches frías (porcentaje de días con temperatura mínima menor al percentil 10) están disminuyendo en todo el país (Figura 3.3). Los meses que más influencia tienen en las tendencias que se observan son: agosto, septiembre, octubre, febrero y abril.
- Los días cálidos (por ciento de días con temperaturas máximas mayor al percentil 90) se incrementan en el período, aunque no son estadísticamente significativos en la parte norte de la región central de Cuba. Los días fríos (por ciento de días con temperaturas máximas menor al percentil 10) disminuyen hacia la región occidental y sur-central; mientras que en la porción norte central muestran un incremento, aunque este último no es estadísticamente significativo (Figura 3.4).
- Los períodos cálidos (al menos 6 días consecutivos al año en que la temperatura máxima es mayor al percentil 90) son cada vez más frecuentes y crecientes, estadísticamente significativos al sur del país. Por el contrario, los períodos fríos (al menos 6 días consecutivos al año en que la temperatura mínima es menor al percentil 10) disminuyen en la mayor parte de las regiones occidental y central (Figura 3.5).
- El máximo acumulado de lluvias en 5 días consecutivos se incrementó solo en tres estaciones: Yabú, Camilo Cienfuegos y Punta de Maisí.
- El número de días secos consecutivos (precipitación diaria menor a 1 mm) no mostró cambios de interés.
- El número de días húmedos consecutivos (precipitación diaria mayor a 1 mm) no mostró tendencias de interés.

- Los días muy húmedos (total de lluvia diario superior al 95 percentil) aumentan en la mayor parte del país, aunque solo lo hacen de forma significativa en Yabú, Cabo Cruz y Punta de Maisí. Por otro lado, los días extremadamente húmedos (total de lluvia diario superior al 99 percentil) crecen, pero solo significativamente en Punta de Maisí

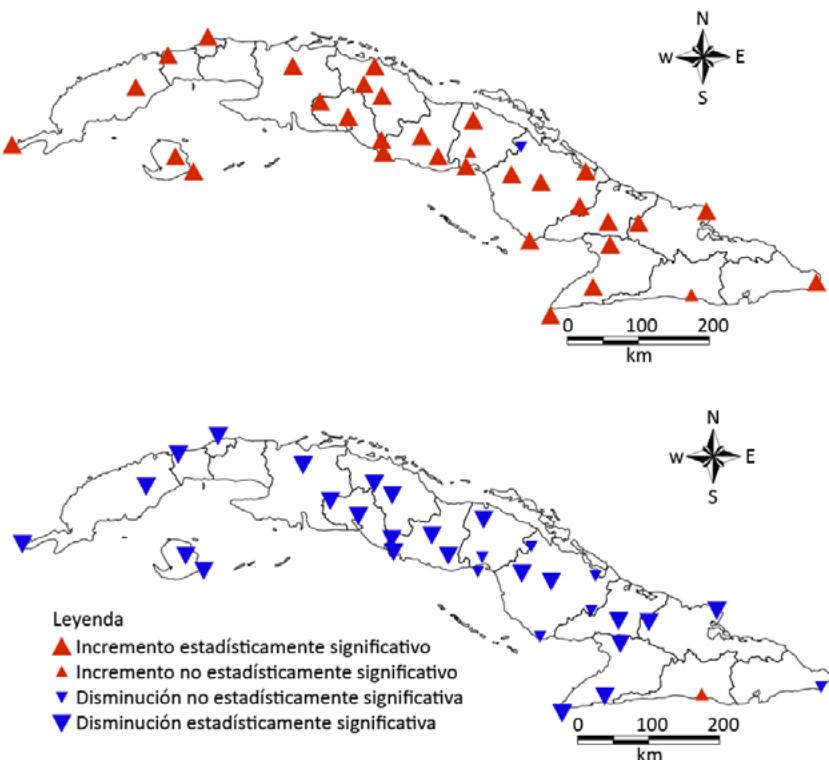


Figura 3.3 Tendencias de las noches cálidas y frías. Panel superior: noches cálidas y Panel inferior: noches frías.

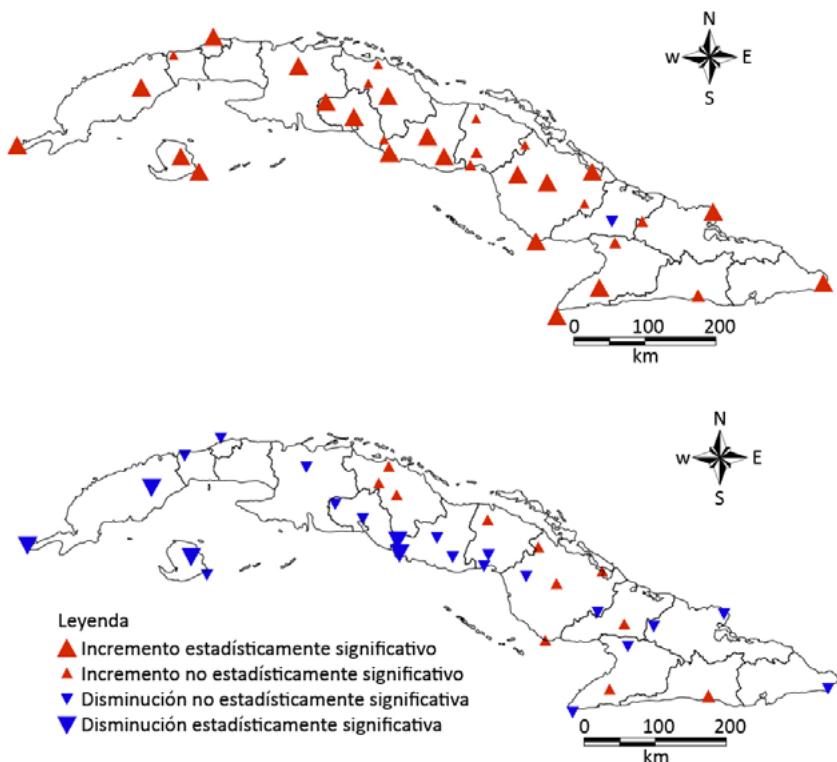


Figura 3.4 Tendencias de los días cálidos y fríos. Panel superior: días cálidos y Panel inferior: días fríos.

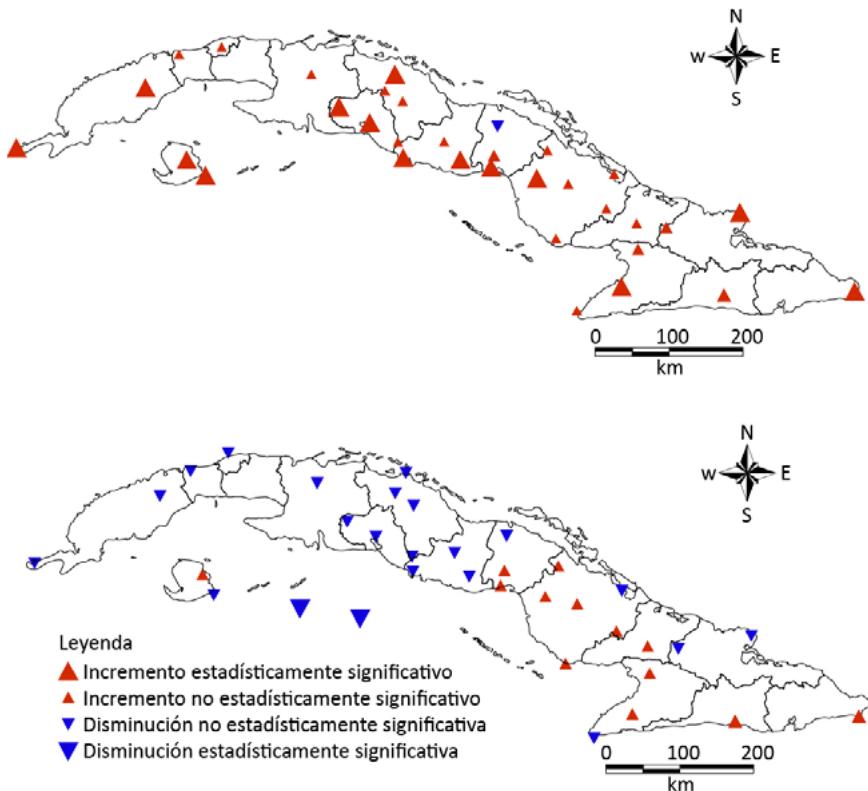


Figura 3.5 Tendencias de los períodos cálidos y fríos. Panel superior: períodos cálidos y Panel inferior: períodos fríos.

3.3.4 Nubosidad

Decrece la cobertura nubosa media anual y estacional en Cuba en el período 1976-2017. El decrecimiento es más notable en el período poco lluvioso y en la región occidental.

- Las anomalías de la cobertura nubosa media anual para Cuba en el período 1976-2017, han experimentado una tendencia decreciente

estadísticamente significativa. El decrecimiento alcanzó un ritmo de 1.0 % por década (Figura 3.6), que se traduce a cerca de 4 % en todo el período de 42 años.

- Las disminuciones más notables de la nubosidad se observaron en el período poco lluvioso y fueron máximas en la región occidental con una reducción de 1.6 % por década o cerca de 7 % en todo el período de 42 años (Figura 3.7 a).
- Durante el período lluvioso también se observa una tendencia decreciente de la nubosidad, aunque no tan notable como en el caso del período poco lluvioso (Figura 3.7 b).

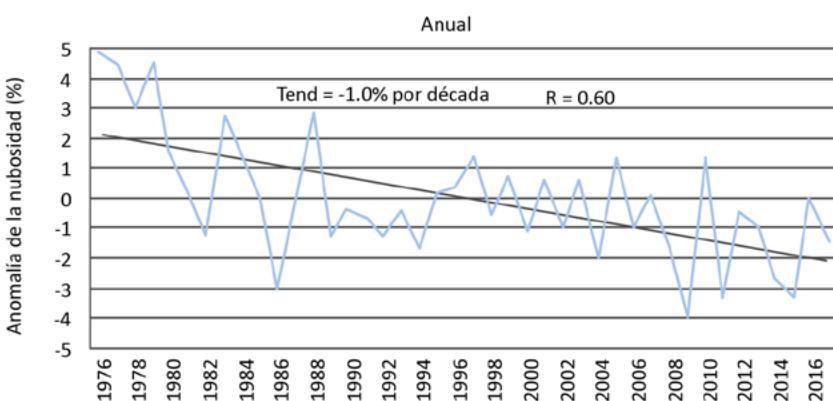


Figura 3.6 Anomalías nubosidad media en Cuba. Período anual de la variación interanual y tendencia. Período 1976-2017.

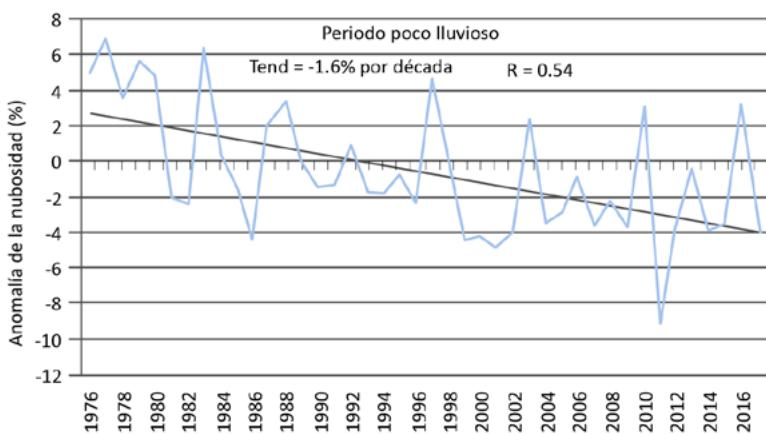


Figura 3.7 a Período poco lluvioso.

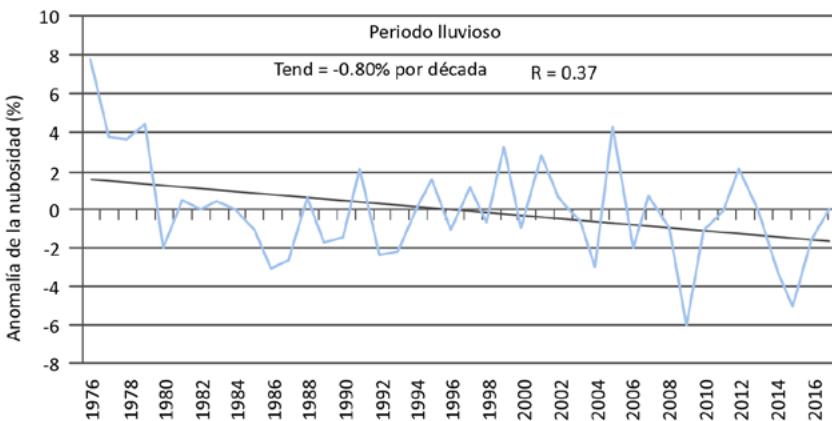


Figura 3.7 b Período lluvioso.

Figura 3.7 Anomalías nubosidad media en región occidental de Cuba. (a): período poco lluvioso y (b): período lluvioso. Variación interanual y tendencia. Período 1976-2017.

3.3.5 Huracanes

Tendencia creciente de huracanes sobre Cuba desde 1791, con fuerte actividad de huracanes intensos desde el 2001.

- Se observa una tendencia creciente en la actividad de huracanes sobre Cuba, teniendo en cuenta una serie muy larga y confiable comprendida entre 1791 y 2017, pero no es estadísticamente significativa (Figura 3.8). La frecuencia de huracanes intensos en esta serie se muestra en la Figura 3.9.
- En Cuba existe una gran variabilidad de la frecuencia de huracanes que la afectan anualmente. Períodos de mucha y poca actividad se suceden a través del tiempo. Desde 1996 se inició un nuevo período de una gran actividad ciclónica sobre Cuba.
- Entre el 2001 y el 2017, el país ha sido afectado por 12 huracanes, de los cuales 10 han sido intensos (Tabla 3.1). Esta fuerte actividad de huracanes intensos sobre Cuba observada desde el 2001, sin antecedentes desde 1791, está condicionada ante todo a los muy altos valores de la temperatura del mar en el Atlántico tropical registrados desde 1998. Tal variación guarda similitud con las proyecciones del clima futuro en lo referente a que los huracanes pudieran ser más intensos, siguiendo el aumento de la temperatura del mar.

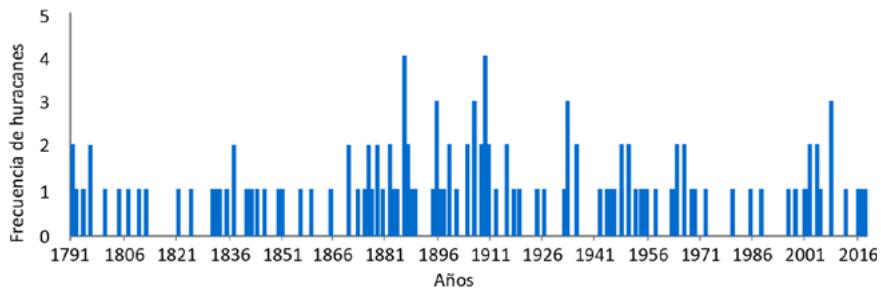


Figura 3.8 Número anual de huracanes que han afectado a Cuba. Período 1791-2017.

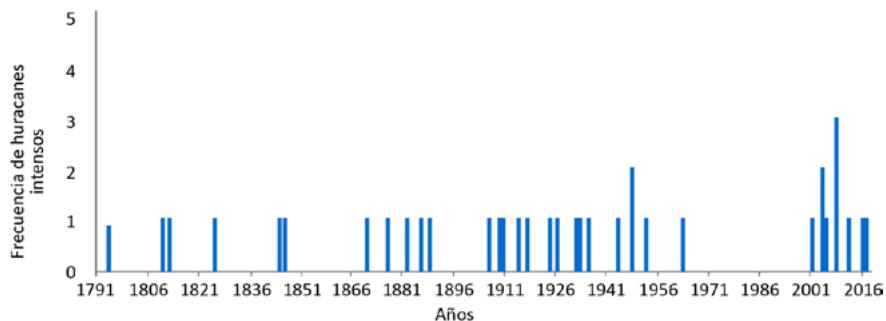


Figura 3.9 Número anual de huracanes intensos que han afectado a Cuba. Categorías 3, 4 y 5 de la escala Saffir-Simpson. Período 1791-2017.

Tabla 3.1 Huracanes que han afectado a Cuba en las últimas dos décadas

Huracán	Categoría de afectación a las provincias de Cuba															
	PR	IJ	AR	HA	MQ	MT	VC	CF	SS	CA	CM	LT	HG	GR	SC	GT
Michelle 4/11/2001	0	4	0	0	1	4	2	4	1	0	0					
Isidore 20/09/2002	1	1	0	0	0											
Lili 29/09/2002	2	2	0	0	0	0			0							
Charley 12/08/2004	1	1	3	3	1	0										
Iván 14/09/2004	4	1	0	0	0											

Dennis 8-9/07/2005		0	0	1	2	3	0	4	3	3	3	0	0	4	0	0
Gustav 30/08/2008	4	4	4	0	0	0										
Ike 7-10/09/2008	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	0	0	0
Paloma 8-9/11/2008										3	2		0			
Sandy 25/10/2012												2	1	3	1	
Mathew 4/10/2016												4		0	4	
Irma 8-10/09/2017				0	0	3	4	0	4	5	5	0	0	0		0

Los números en las columnas de las provincias significan la categoría en la escala Saffir-Simpson de afectación a dicha provincia, donde cero (0) significa afectación con categoría de tormenta tropical. Las columnas vacías indican no afectación.

3.3.6 Circulación atmosférica y oceánica

Predominio de corrientes zonales del este y movimientos verticales descendentes en el período 1951-2017, debido a influencia anticiclónica.

- El comportamiento de los procesos de la circulación atmosférica regional en las últimas siete décadas ha estado dominado por complejas manifestaciones de la variabilidad natural del clima. Las variaciones observadas parecen ser consecuencia de los principales cambios en la circulación atmosférica global. El aspecto más importante es el incremento de la influencia anticiclónica sobre el área, lo que implica a su vez el gradual predominio de las corrientes zonales del este y movimientos verticales descendentes.
- A partir de la década del noventa del pasado siglo, se inició un aumento significativo de los valores de la temperatura superficial del mar en el Atlántico tropical. Este período incluye el establecimiento de nuevos valores máximos absolutos para la serie en cuatro ocasiones: 1998, 2004, 2005 y 2010. La diferencia entre el decenio 2010-2019 y la década 1951-1960 asciende a 0.36 °C.

3.4 Proyecciones del clima y del nivel del mar

En esta sección se describen las principales características del clima futuro y las nuevas proyecciones del incremento del nivel medio del mar para las costas de Cuba, incluyendo la Isla de la Juventud.

3.4.1 Clima futuro

En el desarrollo de las proyecciones del clima futuro para Cuba se utilizaron los modelos globales siguientes:

- QUMP: selección de seis versiones del modelo atmosférico del Hadley Center (HadCM3), las cuales se diferencian entre sí en un conjunto de parámetros físicos o parametrizaciones diferentes²⁰. QUMP son las siglas en inglés del Experimento de cuantificación de las incertidumbres debido a la modelación climática.
- ECHAM5: modelo climático acoplado, que proviene del Centro Hamburgo en Alemania y el Centro Europeo para el Pronóstico de Plazo Medio (ECMWF) en el Reino Unido.
- HadGEM-ES: uno de los modelos de última generación desarrollado por el Hadley Center, que se ubica dentro de los modelos del sistema terrestre, al incorporar un mayor número de componentes e interacciones del sistema climático (e. g., la biosfera, la biogeoquímica y la química de los componentes atmosféricos).

Los resultados de los modelos QUMP y ECHAM5 se basan en el escenario de emisiones SRESA1B, mientras que para el modelo HadGEM-ES se utilizaron los escenarios de concentraciones representativas RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5. La necesaria reducción de escala de estos modelos globales se realizó por medio del modelo climático regional PRECIS de 25 km de resolución.

Los cambios de las principales variables meteorológicas para los años 2030, 2050 y 2070, referidos al período 1961-1990, se muestran en la Tabla 3.2. En la Figura 3.10 se combinan los resultados de los seis miembros considerados de QUMP para las variables temperatura y precipitación. Ahora se puede notar que, a pesar de las diferencias que se producen para los diferentes meses

²⁰ Parámetros o procesos que no se pueden resolver explícitamente en los modelos debido a su complejidad o al incompleto conocimiento sobre su valor o funcionamiento.

y períodos temporales, los valores de cambio de la temperatura a lo largo del tiempo son coherentes (aumento), siendo más intensos durante los meses del período lluvioso (meses de verano), con una incertidumbre promedio de cerca de 0.5~0.6 °C (amplitud de las proyecciones de los diferentes miembros de QUMP).

En el caso de los cambios en la precipitación, la incertidumbre es mucho mayor, pues cuando hay miembros que proyectan incrementos, hay otros que indican reducciones. Sin embargo, resalta la característica que a medida que se avanza en el siglo XXI, el cambio de precipitación en meses del período lluvioso (desde junio hasta septiembre) resulta en una reducción próxima al 5-10 % para 2050 y del 10-25% para 2070. En este caso, las diferencias entre los diferentes miembros de QUMP, indican cambios más robustos y coherentes que los que se proyectan para otros meses del año.

En resumen, los resultados alcanzados confirman lo expresado en investigaciones y estudios anteriores en lo que se refiere al incremento de la temperatura anual del aire para Cuba superior a 1.0 °C para el 2030 y a 3.5 °C para 2070, con respecto al período de referencia 1961-1990. En el caso de la precipitación anual la situación es menos coherente y más discordante entre modelos y escenarios. Si se consideran solamente los valores del período lluvioso, se puede apreciar mayor correspondencia, indicando una reducción de la precipitación cercana al 10 %.

Tabla 3.2 Cambios proyectados para el futuro respecto al 1961-1990 Años 2030 (2021-2040), 2050 (2041-2060) y 2070 (2061-2080)

Variable	2030			2050			2070		
	PAN	PS	PLL	PAN	PS	PLL	PAN	PS	PLL
QUMP SRES A1B									
TMP	1.4	1.3	1.5	2.1	2.0	2.3	2.9	2.7	3.1
TMAX	1.4	1.2	1.5	2.2	1.9	2.4	3.1	2.8	3.5
TMIN	1.5	1.4	1.6	2.2	2.1	2.4	3.1	3.0	3.3
PREC	2.8	5.6	1.5	1.4	10.2	- 2.5	- 0.1	14.5	- 6.5
HREL	- 1.2	- 0.7	- 1.7	- 2.0	- 1.0	- 2.9	- 2.9	- 1.1	- 4.7
ECHAM5 SRES A1B									
TMP	1.1	1.0	1.2	1.9	1.6	2.1	3.0	2.7	3.2
TMAX	1.1	1.0	1.2	1.9	1.6	2.1	2.9	2.6	3.2
TMIN	1.2	1.0	1.3	1.9	1.7	2.1	3.1	2.9	3.3

Tabla 3.2 (continuación)

Variable	2030			2050			2070		
	PAN	PS	PLL	PAN	PS	PLL	PAN	PS	PLL
PREC	- 0.1	- 2.1	0.9	- 3.7	6.5	- 8.5	- 1.1	8.0	- 5.3
HREL	- 1.4	- 1.6	- 1.1	- 2.4	- 2.1	- 2.8	- 3.0	- 2.0	- 3.9
HadGEM-ES RCP2.6									
TMP	1.6	1.6	1.6	1.9	1.8	1.9	1.7	1.6	1.8
TMAX	1.5	1.4	1.6	1.7	1.7	1.8	1.6	1.4	1.7
TMIN	1.8	1.7	1.9	2.0	2.0	2.1	1.9	1.8	2.0
PREC	7.4	9.5	6.6	8.7	16.0	5.9	12.0	17.2	9.9
HREL	- 0.3	0.3	- 0.8	- 0.4	0.3	- 1.1	0.1	0.8	- 0.5
HadGEM-ES RCP4.5									
TMP	1.4	1.3	1.5	2.2	2.1	2.2	2.8	2.8	2.8
TMAX	1.3	1.2	1.5	2.2	2.0	2.3	2.6	2.5	2.8
TMIN	1.6	1.5	1.7	2.3	2.3	2.3	3.1	3.1	3.1
PREC	9.1	13.5	7.4	0.2	- 1.9	1.0	3.6	12.8	0.1
HREL	- 0.2	0.0	- 0.5	- 1.3	- 0.4	- 2.1	- 1.4	- 0.4	- 2.4
HadGEM-ES RCP8.5									
TMP	1.7	1.7	1.8	2.5	3.6	1.5	3.8	5.8	1.8
TMAX	1.4	1.3	1.5	2.4	3.8	1.1	3.7	6.0	1.3
TMIN	2.1	2.1	2.1	2.8	4.1	1.4	4.1	6.6	1.7
PREC	10.8	19.3	7.5	10.9	82.7	- 16.7	9.5	132.4	- 37.9
HREL	- 0.2	0.3	- 0.7	- 0.9	0.5	- 2.3	- 1.6	0.0	- 3.1

Según las salidas de PRECIS forzado por diferentes modelos globales y escenarios. TMP, TMAX y TMIN son respectivamente las temperaturas medias, máxima y mínima (°C), PREC es la precipitación (%) y HREL la humedad relativa (%). PAN, PS y PLL se refieren a los períodos anual, poco lluvioso y lluvioso, respectivamente.

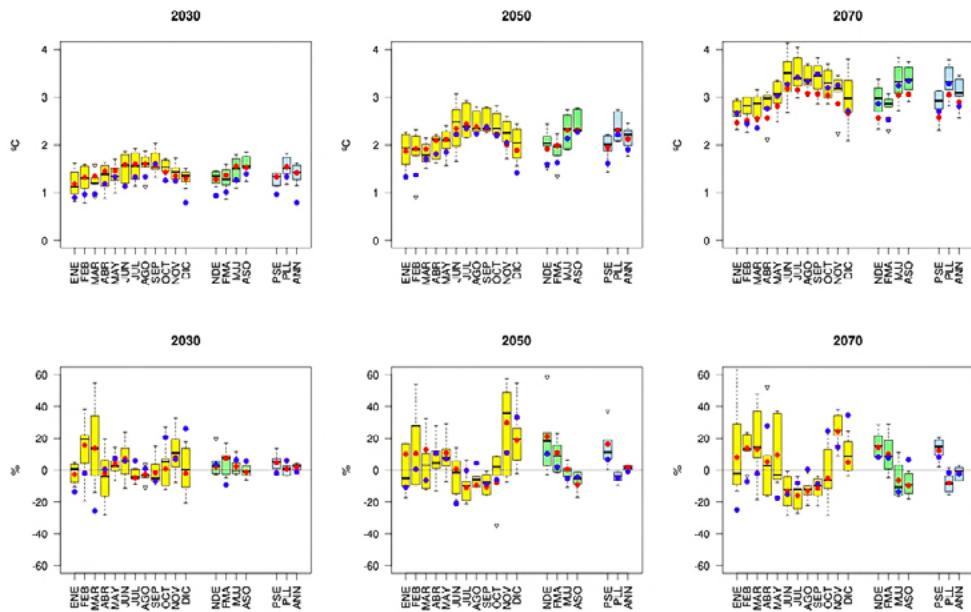


Figura 3.10 Cambios futuros de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y precipitación (%). Panel superior: temperatura y Panel inferior: precipitación. Los cambios se muestran por meses, trimestres y períodos estacionales para 2030, 2050 y 2070. Los puntos rojos se refieren a la media multimodelo QUMP, mientras que los puntos azules se refieren a los valores del modelo ECHAM5. Período de referencia 1961-1990.

3.4.2 Nivel del mar

Las proyecciones del aumento del nivel mar realizadas en la primera década del presente siglo mostraron un ascenso de 27 cm para 2050 y de 85 cm para 2100 (Salas *et al.*, 2006; Pérez-Parrado *et al.*, 2008). Tales proyecciones se actualizaron para el período 2030-2100 (Pérez-Parrado, 2019), mediante la utilización del software Magicc/Scengen versión 5.3 (Wigley, 2008), que permite realizar cálculos globales y las imágenes correspondientes a estos cálculos. Para las modelaciones del MAGICC se seleccionó la combinación A1CMI con el escenario A1C y el modelo MiniCamp, considerando el aumento mundial del consumo de combustibles fósiles, carbón, petróleo y gas, y el crecimiento de la población, sobre todo de los grandes países. Se seleccionaron seis modelos globales como datos de entrada para el SCENGEN. En los controles de forzamiento, se consideró la modelación de ciclo del carbono con su retro-

alimentación con el clima, una sensibilidad climática de 3.0 °C, circulación termohalina variable y derretimiento del hielo medio.

En la tabla 3.3 se muestran los nuevos resultados del promedio del aumento del nivel del mar en las costas cubanas desde 2030 hasta 2100, en comparación con los obtenidos en el 2006, observándose que excepto en el 2030, los resultados de la actualización de 2019 son superiores a los del 2006. Los valores de los años 2050 y 2100 se resaltan en el estilo de fuente negrita, por el amplio uso que han tenido los 27 y 85 cm desde 2006 y que ahora se han actualizado por 29.3 cm en 2050 y 95.0 cm en 2100.

En las tablas 3.4, 3.5 y 3.6 puede verse el aumento del nivel del mar en 66 localidades de Cuba para los años 2050 y 2100, donde se resaltan en negrita los valores superiores a la media de 29.3 y 95.0 cm correspondiente a esos años. Resulta interesante notar que, tanto para la costa norte de Cuba, como para la sur, los valores del aumento del nivel del mar superiores a la media se concentran mayoritariamente en la mitad occidental de Cuba. También es significativo que en Punta Maisí se prevén los menores ascensos, 26.4 cm en 2050 y 88.2 cm en 2100. Los mayores aumentos estarán en Playa Florida con 31.0 cm el 2050 y en La Habana con 98.4 cm en 2100.

Tabla 3.3 Aumento promedio del nivel medio del mar (en cm) respecto a 1990 en las costas de Cuba en el período 2030-2100

Dominio	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Cuba (2006)	15.0	20.0	27.0	37.0	48.0	60.0	72.0	85.0
Cuba (2019)	14.5	20.7	29.3	39.8	52.4	66.0	80.4	95.0

Fuente: Pérez-Parrado (2019).

Tabla 3.4 Costa norte. Aumento del nivel medio del mar (en cm) respecto a 1990 en la costa norte de Cuba para los años 2050 y 2100

Localidad	Años		Localidad	Años	
	2050	2100		2050	2100
Cabo de San Antonio	29.1	95.3	Caibarién	28.5	95.0
La Fe	29.2	95.5	Cayo Santa María	28.3	94.1
Dimas	29.3	96.7	Cayo Guillermo	28.2	93.9
Puerto Esperanza	29.3	97.8	Cayo Coco	27.9	93.8
Bahía Honda	29.4	98.0	Punta Alegre	28.4	94.9

Cabañas	29.4	98.0	Playa de Cunagua	28.3	94.8
Mariel	29.4	98.0	Playa Jiguey	28.0	94.6
La Habana	29.6	98.4	Nuevitas	28.0	94.5
Guanabo	29.9	98.1	Manatí	27.8	94.3
Santa Cruz del Norte	29.7	98.0	Puerto Padre	27.6	93.2
Matanzas	29.4	97.9	Gibara	27.5	92.8
Varadero	29.4	97.7	Cabo Lucrecia	27.4	91.7
Cárdenas	29.4	97.6	Antilla	27.4	91.9
La Teja	29.3	96.5	Moa	27.0	89.8
La Panchita	28.9	95.5	Baracoa	26.7	88.8
Isabela de Sagua	28.6	95.5	Punta Maisí	26.4	88.2
Playa Nazábal	28.5	95.5			

Fuente: Pérez-Parrado (2019).

Tabla 3.5 Costa sur. Aumento del nivel medio del mar (en cm) respecto a 1990 en la costa sur de Cuba para los años 2050 y 2100

Localidad	AÑOS		Localidad	AÑOS	
	2050	2100		2050	2100
La Bajada	28.8	95.0	Casilda	29.6	97.9
Cortés	29.0	96.1	Tunas de Zaza	29.6	97.6
La Coloma	29.3	96.6	Júcaro	29.6	97.6
Boca de San Diego	29.3	96.9	Playa Florida	31.0	98.0
Majana	29.5	97.4	Santa Cruz del Sur	29.4	96.7
Guanímar	29.5	97.4	Guayabal	29.4	95.5
Playa Cajío	29.5	97.4	Manzanillo	28.5	94.4
Surgidero Batabanó	29.5	97.4	Media Luna	28.7	94.6
Playa Caimito	29.5	97.4	Cabo Cruz	28.7	94.7
Punta Gorda	29.4	97.0	Pilón	28.6	93.9
Punta Macuje	29.4	97.0	Chivirico	28.4	93.1
Playa Larga	29.3	96.9	Bahía Santiago	28.1	92.4
Playa Girón	29.4	96.8	Bahía Guantánamo	27.5	91.2
Cienfuegos	29.4	96.9	San Antonio del Sur	27.2	90.2

Fuente: Pérez-Parrado (2019).

Tabla 3.6 Isla de la Juventud. Aumento del nivel medio del mar (en cm), con respecto a 1990 en la Isla de la Juventud para los años 2050 y 2100

Localidad	Años	
	2050	2100
Nueva Gerona	29.4	96.2
Punta del Este	28.9	95.5
Carapachibey	28.7	94.9
Punta Francés	29.1	95.1
Colony	28.9	95.0

Fuente: Pérez-Parrado (2019).

3.5 Impactos del cambio climático y medidas de adaptación

Los estudios de vulnerabilidad, impacto y adaptación al cambio climático realizados en Cuba, se guían por una metodología bien establecida, que de forma resumida puede expresarse en los siguientes pasos:

- determinación de la vulnerabilidad física, social y económica, basada en los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo;
- descripción de las variaciones y los cambios ocurridos en el clima, lo cual se fundamenta en las redes de observación de las variables del ciclo hidrológico y la caracterización de una línea base climática de referencia. Para la línea base climática se utilizó la norma 1981-2010, por ser este período el de mayor disponibilidad de información; para comparar cuanto ha cambiado el clima se utilizaron las anomalías con respecto a la norma 1961-1990, tal como se aprobó en el XVII Congreso Meteorológico Mundial. Cuando no fue posible utilizar ese período, el clima actual se comparó con el período que estuviera disponible;
- estimación del clima del futuro, mediante las salidas de los modelos climáticos globales corridos con los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero SRES (IPCC, 2000) y con los más recientes escenarios representativos de concentración (RCP, en inglés) (van Vuuren *et al.*, 2011). Para modelar el clima a una escala espacial más detallada, se utilizan modelos climáticos regionales y otras técnicas, como la de reducción de escala (en inglés *downscaling*);

- descripción de las variaciones y los cambios ocurridos en ecosistemas y sectores socioeconómicos seleccionados;
- estimación y descripción de las variaciones y los cambios que pudieran ocurrir en ecosistemas y sectores socioeconómicos seleccionados, bajo cada escenario de cambio climático considerado;
- elaboración de propuestas de medidas de adaptación en ecosistemas y sectores socioeconómicos seleccionados, en respuesta al impacto que tendría el cambio climático en su funcionamiento.

Siguiendo dicha metodología, en esta Tercera Comunicación Nacional (3CN) se evaluaron los siguientes sectores socioeconómicos y ecosistemas: Zonas costeras y recursos marinos, Agricultura, Bosques, Asentamientos humanos y usos de la tierra, Diversidad biológica, Salud humana y Turismo. A continuación, se brinda un resumen de la evaluación de los impactos del cambio climático y medidas de adaptación en cada sector.

3.5.1 Zonas costeras y recursos marinos

La zona costera cubana incluye las áreas emergidas y sumergidas de la plataforma insular hasta su límite oceánico exterior localizado en los 200 m de profundidad. De acuerdo con los objetivos del proyecto núcleo Land-Ocean Interaction in the Coastal Zone (LOICZ), en IGBP (1993) se considera que esta zona “... *se extiende desde la llanura costera hasta el borde oceánico de la plataforma, coincidiendo aproximadamente con la región inundada y expuesta a las fluctuaciones del nivel del mar del período cuaternario tardío...*”.

Las zonas costeras son de extraordinaria importancia para el país, debido a que en ellas coexisten una creciente población, nativa y extranjera, una intensa actividad turística, industrial, minera y marítimo-portuaria con ricos y frágiles ecosistemas. Entre los más importantes ecosistemas se encuentran los humedales, estuarios, lagunas costeras, arrecifes de coral, seibadales y manglares. Todos ellos en un mismo espacio físico geográfico caracterizado por una compleja dinámica de las aguas, que atesora importantes recursos marinos para el desarrollo sostenible del país.

El agua de mar, y la proveniente directamente de la atmósfera, o indirectamente del escurrimiento terrestre, representan el principal elemento de conexión de las actividades humanas con los ecosistemas naturales de la zona costera.

Condiciones actuales y tendencia del nivel medio del mar relativo

La variabilidad interanual del nivel del mar permite la caracterización de su tendencia a largo plazo (Pugh, 1986; Pugh y Maul, 1999). Desde 1966 hasta 1997, los valores medios anuales más elevados en las estaciones mareográficas de Los Morros, Siboney, La Isabela y Gibara no sobrepasaron los 16 cm (Figura 3.11) Sin embargo, en 1998 los valores medios anuales registrados por estas estaciones mareográficas, resultaron mayores que en los años precedentes, principalmente en La Isabela, y en el año 2003, todos fueron mayores que 17 cm. A partir del año 2004, se ha manifestado una tendencia sostenida al aumento del nivel medio del mar relativo en todas estas estaciones mareográficas (Hernández-González *et al.*, 2019). No se puede asegurar aún, si la tendencia observada hasta la fecha es parte de un ciclo más largo o ya es un proceso francamente acelerado de ascenso del nivel medio del mar. Con excepción del año 1975, todas las anomalías anuales más fuertes (1983, 1998, 2003, 2015 2016) ocurrieron en presencia del evento El Niño-Oscilación del Sur (Blázquez, 1989).

Según Nicholls y Cazenave (2010), millones de personas que viven en las zonas costeras son vulnerables a las variaciones extremas del nivel del mar ocasionadas por las surgencias de tormenta, las anomalías mensuales, estacionales e interanuales y el aumento a largo plazo del nivel del mar. Específicamente, las anomalías mensuales del nivel del mar son incrementos intra-estacionales de la altura de las aguas forzadas por procesos meteorológicos y oceanográficos no relacionados con ciclones y tormentas (Theuerkauf, *et al.*, 2014), ni con la expansión térmica del océano a largo plazo. Estas anomalías juegan un importante papel en la evolución de la morfología de las playas arenosas (McIntosh, *et al.*, 2014). Por otra parte, se ha demostrado que los eventos de anomalías mensuales, que se superponen al proceso de gradual aumento del nivel medio del mar a largo plazo, ejercen una importante influencia sobre los ecosistemas costeros de manglar. (López-Medellín *et al.*, 2011).

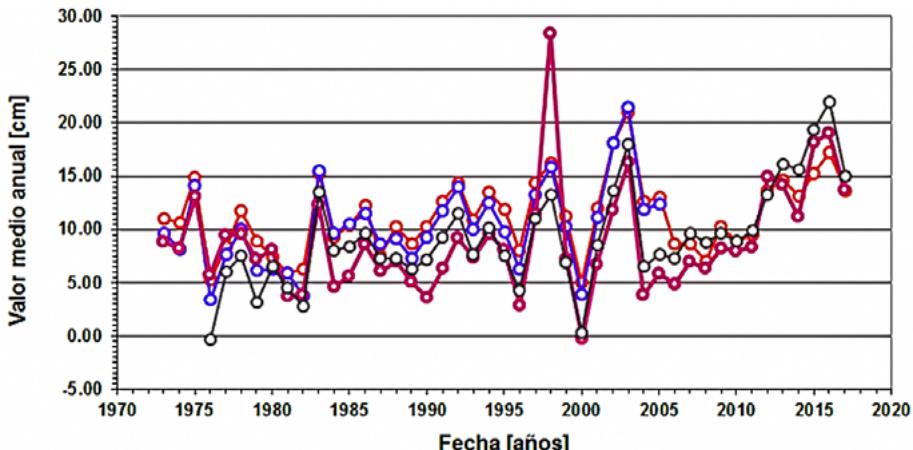


Figura 3.11 Variabilidad interanual del nivel medio relativo del mar. Referido al cero geodésico en las últimas décadas, en cuatro estaciones mareográficas cubanas.

En el cuadro 3.1 pueden verse los valores de las anomalías mensuales del nivel del mar relativo, calculadas de acuerdo a Hernández-González *et al.* (2014) a partir de mediciones directas realizadas en su mayoría desde la década de los setenta del pasado siglo hasta el presente. (Hernández-González, 2015).

Circulación de las aguas y dispersión de sustancias

De acuerdo a la modelación de la dispersión de partículas para las condiciones actuales y futuras durante el presente siglo (Hernández-González, *et al.*, 2019), debido al aumento del nivel medio del mar, se intensificará la circulación de las aguas y la dispersión de sustancias en el medio ambiente marino. Esto podría traer como consecuencia una mayor exportación de sedimentos fuera del espacio físico geográfico original de la dinámica costera de la plataforma insular cubana (Figura 3.12), lo que produciría perjuicios a los arrecifes de coral y contribuiría al aumento de la erosión costera y del fondo marino.

Cuadro 3.1 Anomalías mensuales máximas en ocho estaciones mareográficas ubicadas en igual número de sectores costeros de Cuba

Estaciones mareográficas y sectores de la zona costera	Anomalías mensuales máximas (cm) y fecha de ocurrencia
Los Morros. De Cabo de San Antonio a Dimas	10.9 (junio de 1975)

Cuadro 3.1 (continuación)

Estaciones mareográficas y sectores de la zona costera	Anomalías mensuales máximas (cm) y fecha de ocurrencia
Siboney. De Puerto Esperanza a Cárdenas	16.4 (noviembre de 1972)
La Isabela. De La Teja a Playa Jigüey	25.5 (febrero de 1998)
Gibara. De Nuevitas a Baracoa	9.5 (marzo de 2003)
Santiago de Cuba. De Punta de Maisí a Pilón	12.2 (febrero de 1998)
Manzanillo. De Cabo Cruz a Santa Cruz del Sur	14.3 (marzo de 2003)
Cayo Loco. De Playa Florida a Playa Larga	14.7 (febrero de 1998)
La Coloma. De Punta Macuje a Punta el Cayuelo	15.9 (febrero de 1998)

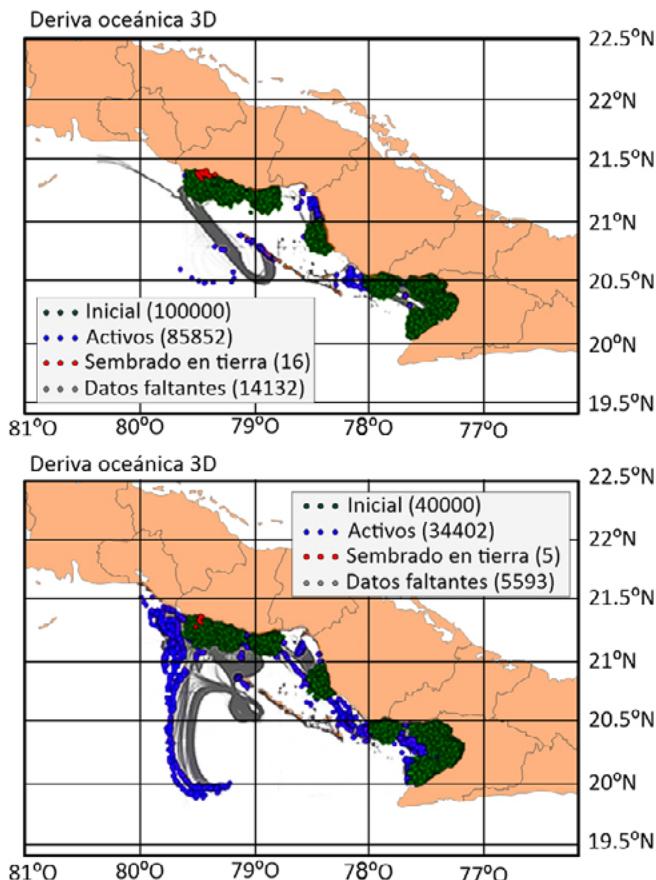


Figura 3.12 Proyecciones de la dispersión de partículas. Simulación de dispersión de sustancias biogeoquímicas en las aguas de la plataforma insular y la zona oceánica adyacente para 2050 (izquierda) y 2100 (derecha).

Temperatura de las aguas y absorción de CO₂. La temperatura superficial media mensual del mar, que en la actualidad se mantiene por debajo de 31 °C debe alcanzar para el último tercio del presente siglo más de 32 °C, en una zona que recibe la influencia de la cúpula de aguas muy cálidas de la corriente del Golfo. Esto indica la mayor persistencia de plazos más largos de elevadas temperaturas reflejados en los registros horarios del ciclo diurno y un consecuente mayor estrés térmico para los corales.

El proceso de acidificación oceánica a largo plazo consiste en una disminución del pH del océano durante un período de tiempo prolongado, del orden de décadas o mayor, causada principalmente por la absorción de CO₂ atmosférico por el Océano.

Los valores de la tendencia anual a la disminución del pH no son significativos en las aguas oceánicas adyacentes a la costa norte y en el golfo de Ana María, de acuerdo al análisis de los datos desde 2014 al 2018. Puede considerarse que aún no se ha iniciado un proceso de acidificación de las aguas más cercanas al archipiélago cubano, proceso que no puede subestimarse y hay que monitorear debido a la amenaza que representa, tomando en consideración las proyecciones y escenarios climáticos más recientes.

Evolución de los arrecifes coralinos y playas arenosas. Es previsible que pueda disminuir la riqueza de la biodiversidad y la función protectora de los arrecifes en algunas zonas debido al aumento del nivel medio del mar y de la temperatura de las aguas. Se ha podido establecer que dos de los procesos más importantes de la presente y futura evolución de las playas y de la dinámica y geomorfología costera a ocurrir con más intensidad son la gradual invasión de la costa por sedimentos arenosos y la variabilidad de su distribución espacial.

Modificaciones de la zona costera, impactos y adaptación. Según los estudios realizados por Hernández-González et al. (2014) y Hernández-González et al. (2019), la zona costera cubana puede sufrir modificaciones significativas, debido al impacto del ascenso del nivel medio del mar y el aumento de la temperatura de las aguas. Entre las principales modificaciones se encuentran las siguientes:

- generalizado incremento de la profundidad de la plataforma insular debido al ascenso del nivel medio del mar a largo plazo;
- incremento del impacto de las oscilaciones de la marea, de las variaciones meteorológicas del nivel del mar y de la velocidad de las corrientes marinas a escala local;

- incremento del valor medio y de los valores extremos de la temperatura media de las aguas de la plataforma insular;
- incremento de la erosión y del retroceso de la línea de costa;
- cambios de los procesos de erosión-acumulación de sedimentos a lo largo de la costa y de la distribución de los sedimentos en el fondo de la plataforma insular;
- desaparición y aparición de cayos y pequeñas islas;
- aumento del intercambio de sustancias biogeoquímicas entre la plataforma y las aguas oceánicas adyacentes e incremento del impacto de la dispersión de los sedimentos y de contaminantes sobre los arrecifes coralinos y otros ecosistemas;
- incremento de las afectaciones a sectores económicos en las zonas costeras como el Turismo y la Pesca, dependientes de los recursos marinos como las playas y los arrecifes.

Basándose en estas modificaciones, los principales impactos del cambio climático y las correspondientes opciones de adaptación en las zonas costeras identificadas en esta Tercera Comunicación Nacional se resumen en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Zonas costeras. Principales impactos del cambio climático y opciones de adaptación

Impactos	Opciones de adaptación
Gradual incremento de la erosión, el retroceso de la línea de costa y el deterioro de los ecosistemas costeros a corto, mediano y largo plazos, debido al impacto combinado del aumento del nivel medio del mar, las anomalías mensuales, la intensificación de la circulación y el aumento de la temperatura de las aguas	Continuar con las acciones de regeneración, rehabilitación y de adaptación basada en ecosistema de las playas arenosas, los manglares, los pastos marinos, los arrecifes de coral, y las cuencas hidrográficas
Gradual incremento del deterioro y de los costos del sostenimiento de la actividad agrícola y del abasto de agua potable, a mediano y largo plazos, debido al aumento de la intrusión marina y salinización de los suelos	Continuar con las acciones de gestión sostenible de los recursos hídricos y proyectar el uso racional de los mismos en el contexto del desarrollo socioeconómico y de los escenarios de ascenso del nivel medio del mar

Gradual incremento del deterioro y de los costos de mantenimiento de la infraestructura de los asentamientos humanos, especialmente del patrimonio histórico-cultural, a mediano y largo plazos, debido al impacto combinado del aumento del nivel medio del mar y los eventos meteorológicos extremos	Aplicar concepciones ingenieras compatibles con el medio ambiente que reduzcan la vulnerabilidad del patrimonio histórico-cultural construido y permitan el desarrollo de un urbanismo protegido de elevada resiliencia ante el impacto combinado del aumento del nivel medio del mar y los eventos meteorológicos extremos
--	---

3.5.2 Agricultura

Se prevé que el cambio climático causará graves inconvenientes a la agricultura cubana. Según las proyecciones del clima realizadas en esta Tercera Comunicación Nacional, descritas en el epígrafe 3.4, la temperatura media anual del aire en Cuba podría ser superior a 1.0 °C para 2030 y a 3.5 °C para 2070, con respecto al período de referencia 1961-1990. Ello desencadenaría una serie de amenazas en la agricultura y en la seguridad alimentaria, provocadas por eventos climáticos extremos cada vez más severos y frecuentes, aumento en la población de insectos y aparición de enfermedades.

En la Tercera Comunicación Nacional los impactos del cambio climático en el sector agricultura se evaluaron en los cultivos de papa, granos (arroz, frijoles, maíz), tabaco y frutales. También se evaluaron los impactos en las ganaderías porcina y bovina.

Papa: el cultivo de la papa es altamente prioritario para Cuba, por ser un alimento altamente nutritivo, ya que posee un importante contenido de hidratos de carbono, minerales y proteínas. Por otra parte, este alimento es clave para la seguridad alimentaria, pues cantidades importantes pueden enviarse a los lugares donde ocurren frecuentes fenómenos meteorológicos (huracanes, tornados, lluvias intensas, desbordamientos de ríos y presas, etc.) que afectan a la población cubana.

Impactos del cambio climático en el cultivo de la papa:

- disminución significativa del rendimiento;
- reducción de las áreas con posibilidades para este cultivo.

Medidas de adaptación ante el cambio climático en el cultivo de la papa

Resulta evidente la conveniencia de continuar desarrollando acciones encaminadas a la obtención de nuevas variedades de papa que conjuguen la tolerancia a una mayor temperatura, con el mantenimiento de rendimientos aceptables en suelos de capacidad agroproductiva mediana (II+III), que incluso pudieran empeorar en el futuro.

Arroz: en Cuba el arroz constituye una parte importante en la dieta diaria de la población, siendo el consumo per cápita anual uno de los más altos de América Latina con cerca de 70 kg, participando en 20 % de las calorías diarias que consume la población. Aunque el arroz se produce en todas las provincias de Cuba, con la única excepción de La Habana, los mayores niveles productivos, tanto en superficie como en cantidad, se concentran en cuatro provincias: Pinar del Río, Sancti Spíritus, Camagüey y Granma, con rendimientos que varían entre 3.3 y 3.8 t/ha.

Impactos del cambio climático en el cultivo del arroz

Al igual que en la Segunda Comunicación Nacional, en esta Tercera Comunicación se evaluaron los impactos del cambio climático en el cultivo del arroz, teniendo en cuenta escenarios combinados de elevación de las temperaturas, descenso de las precipitaciones, disminución del potencial hídrico y de la calidad del agua y la reducción de las áreas agrícolas como consecuencia del retroceso de la costa. Se prevé que los impactos más importantes sean los siguientes:

- reducción progresiva de la superficie de cultivo por aniego, debido a la menor disponibilidad de agua. La actual superficie de cultivo por aniego, solo podrá ser sustituida parcialmente por cultivos de secano, afectando la magnitud de los totales de cosecha;
- reducciones en los patrones de crecimiento y atrasos en la floración de los cultivares por el aumento de la temperatura atmosférica. Ello conducirá a cosechas de menor calidad y menor magnitud total;
- pérdida de parte del territorio costero donde se cultiva arroz, debido al aumento del nivel medio del mar. A su vez, la cuña de intrusión salina aumentará su penetración en los acuíferos subterráneos abiertos, inutilizando parte de ellos para el regadío. Todo ello incidirá negativamente

sobre la cantidad de tierra disponible, sobre los rendimientos alcanzables y finalmente, sobre la magnitud de la producción.

Medidas de adaptación ante el cambio climático en el cultivo del arroz

Los impactos identificados sobre la producción arrocera indican la conveniencia de que la adaptación esté dirigida a desarrollar acciones para la obtención de nuevas variedades que conjuguén una menor demanda de agua, con una mayor tolerancia a la temperatura y a la salinidad. En este sentido, ya se cuenta con un programa de mejoramiento genético del arroz, cuyo objetivo es la obtención de variedades con las siguientes propiedades:

- tolerancia a las altas temperaturas;
- tolerancia a condiciones de bajos insumos;
- tolerancia a la salinidad;
- resistencia al insecto *Tagosodes orizicolus* Muir y al virus de la hoja blanca;
- resistencia al hongo *Pyricularia grisea* Sacc;
- resistencia al ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley;
- precocidad;
- mejoramiento de la calidad nutricional del grano.

Se ha estudiado la tolerancia de las variedades de arroz al hongo *Pyricularia grisea*, causante de la enfermedad conocida como añublo del arroz o simplemente piricularia. Además, se viene trabajando insistente con la tolerancia genética a la salinidad, tema muy recurrente en los trabajos de mejoramiento actuales, y en los que se avanza gracias a proyectos nacionales que priorizan esta condición. En Cuba se estima en 30 000 hectáreas el área afectada por la salinidad y existe una tendencia hacia su incremento (Suárez, 2012). La tolerancia a la salinidad ha sido abordada tanto a través de los cruzamientos, como mediante la inducción de mutaciones.

La selección de líneas y variedades en condiciones de bajos insumos de agua y fertilizantes ha sido otro de los objetivos de trabajo del programa de mejoramiento en el arroz. Estos materiales genéticos serán usados fundamentalmente en aquellas áreas donde para el cultivo de arroz, no se dispone de los recursos necesarios para garantizar la producción en condiciones de aniego. (Suárez, 2012).

Frijoles: el Instituto de Investigaciones de granos (IIGranos) del Ministerio de la Agricultura, trabaja actualmente con un grupo de líneas del Programa de Mejoramiento Genético de Frijol Común. Se han ido seleccionando aquellas variedades que han mostrado no solo los mejores rendimientos agrícolas, sino las mejores adaptaciones y respuestas ante las principales plagas y enfermedades de mayor incidencia en el país para el cultivo.

El programa de mejoramiento genético incluye la obtención de variedades **adaptadas a los impactos del cambio climático**, en particular variedades resistentes a las altas temperaturas y a la sequía. También tiene en cuenta el mejoramiento de la calidad nutricional y del grano, la diversidad de sus colores (negro, rojo, blanco, crema, jaspeado y azufrado), la baja fertilidad de los suelos, así como perfeccionar la tecnología de producción (marco de siembra, fertilización, riego, mecanización y extensión agrícola, entre otros).

Se continúa trabajando en la liberación de nuevas variedades que respondan a las necesidades de la producción en diferentes zonas productivas del país. Se pretende obtener variedades de hábito erecto para la posible cosecha mecanizada, además de variedades que soportan altas elevaciones para zonas montañosas.

Se evalúan materiales en siembras tardías o de pre-primavera, en los meses de abril y mayo, seleccionando las variedades que han mostrado mejor rendimiento y comportamiento frente a las enfermedades del Virus Mosaico Dorado del Frijol (VMDF), Bacteriosis Común (BC) y Roya. Los rendimientos potenciales oscilan entre 2.2 y 2.9 t/ha.

Maíz: el cultivo de maíz en Cuba es de gran utilidad para la alimentación humana y animal, y es clave para sustituir importaciones. Se cultivan unas 150 000 hectáreas de maíz con un rendimiento de grano de 1.8 t/ha. En la actualidad en el país se dan pasos para el incremento de la producción nacional, debido al aumento de los precios internacionales de los alimentos, provocado entre otras cosas por el uso de cultivos agrícolas para la producción de biocombustibles.

Con la obtención de nuevas variedades de maíz, el Instituto de Investigaciones de granos (IIGranos) está haciendo grandes aportes al programa de mejoramiento genético en el maíz en Cuba. Las nuevas variedades que se van logrando tienen rendimientos potenciales entre 4.5 y 5.0 t/ha y ciclo económico de 80-95 días para la mazorca tierna y de 120-150 días para el grano seco.

El programa de mejoramiento genético en el maíz incluye la obtención de variedades **adaptadas a los impactos del cambio climático**, en particular

variedades resistentes a las altas temperaturas, a la sequía, a la humedad limitada y al encharcamiento. Otros objetivos del programa son:

- mejoramiento genético de líneas homocigóticas;
- obtención de híbridos simples y dobles;
- alto rendimiento y alta calidad de la proteína (QPM);
- tolerancia a las principales plagas, enfermedades y virus; y
- resistencia a la enfermedad Mancha de asfalto.

Tabaco: la mayoría de las regiones tabacaleras están siendo afectadas por la variabilidad climática, con gran incidencia por las variaciones de la temperatura y la humedad relativa. En las zonas tabacaleras San Juan y Martínez y Güira de Melena, afectadas por escasas precipitaciones, se observa stress hídrico en las plantas, que se refuerza con la tendencia al incremento de la temperatura máxima y mínima en dichas zonas. Los stress abióticos de mayor impacto son el stress hídrico, el stress por alcalinidad en el suelo y el stress salino.

Impactos del cambio climático en el cultivo del tabaco

Partiendo del análisis de los escenarios climáticos para el sector tabacalero, se identificó como **principal impacto** del cambio climático la intrusión de capas de agua salinas en la costa sur, por incremento del nivel medio del mar; lo que representa una seria amenaza para el cultivo, provocando el deterioro de las propiedades químicas y físicas de la materia prima, afectando en gran medida la combustión. Otra posible causa de la salinización puede ser el empleo de grandes cantidades de fertilizantes por encima de las necesidades de los cultivos, con acumulación de sales blancas en la superficie del suelo.

Una concentración alta de sales tiene como resultado que la planta tiene que utilizar más energía para absorber el agua. Bajo condiciones extremas de salinidad, las plantas no pueden absorber el agua y se marchitan, incluso cuando el suelo alrededor de las raíces se siente mojado al tacto.

Medidas de adaptación ante el cambio climático en el sector tabacalero:

- mayor aplicación de abonos verdes y productos biológicos en el manejo sostenible de suelos con el propósito de minimizar el empleo de productos químicos y fertilizantes minerales, que traen como consecuencia la afectación al ecosistema y a las fuentes naturales de agua potable;

- lograr rotaciones de cultivos para el control de plagas y disminuir su carga tóxica;
- conservación de los recursos fitogenéticos. Conservación de la biodiversidad del banco de germoplasma, para preservar recursos que posean resistencia a elementos del clima (variedades que respondan al encharcamiento de agua, a la salinidad y a la resistencia al acamado producto de los fuertes vientos);
- mejoramiento genético del tabaco. Obtención de variedades de tabaco sol en palo que sean altamente resistentes a las principales enfermedades y obtención de variedades resistentes al estrés hídrico en la zona central del país.

Frutales (cítricos y mango): en las condiciones edafoclimáticas de Cuba, el desarrollo vegetativo y reproductivo de los cítricos y el mango están condicionados fuertemente por la variabilidad climática interanual. El estímulo inductor de la floración en condiciones de clima tropical, está determinado fundamentalmente por la presencia del estrés hídrico durante el período poco lluvioso.

Con respecto a la temperatura máxima, las proyecciones climáticas no reportan incrementos por encima de 40 °C, umbral biológico para los dos frutales. No obstante, la elevación de las temperaturas máximas y mínimas, conlleva a la ausencia de un reposo vegetativo y desbalance en la relación fuente-sumidero. Por consiguiente, los árboles durante todo el año se mantienen con actividad vegetativa en detrimento de la fase reproductiva (floración y desarrollo del fruto). El mango requiere, además, la presencia de brotes vegetativos maduros en el árbol para poder florecer.

Por otra parte, las condiciones de salinización de los suelos y la sequía afectan las plantaciones de cítricos de la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, en Jagüey Grande, provincia de Matanzas, considerada la más importante por la extensión de área cultivada y sus niveles productivos. Un elevado porcentaje de estas plantaciones comerciales están establecidas sobre patrones trifoliados, susceptibles a sequía y salinización, y son altamente vulnerables al impacto provocado por la elevación del nivel del mar en el área costera de la Ciénaga de Zapata. Esto se debe al desarrollo de una cuña de intrusión salina que aumentará su nivel tierra adentro con el transcurso de los años lo que traerá aparejado: la salinización de la segunda mayor cuenca hídrica de interés nacional en la costa sur, aumento de la intrusión salina en los

cinco acuíferos subterráneos de la costa norte, con la consecuente reducción de la disponibilidad de fuentes de agua subterránea. (Álvarez, 2014).

A continuación, se explican los resultados más relevantes de las investigaciones sobre las vulnerabilidades y los impactos del cambio climático y de las variaciones climáticas sobre los cultivos de cítricos y mango. Además, se proponen las medidas para lograr la adaptación de estos cultivos ante condiciones climáticas adversas.

Naranjo dulce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] y toronjo (*Citrus paradisi* Macf.)

El primer proceso fisiológico que participa en la formación del rendimiento en los cítricos, es la floración. Los resultados científico-técnicos obtenidos en naranjos y toronjos, indican que los factores que determinan la intensidad y uniformidad de la floración en las condiciones de clima tropical de Cuba son las temperaturas y las precipitaciones. Es fundamental la ocurrencia de temperaturas mínimas por debajo de 20 °C y un estrés hídrico mantenido durante 45 días entre los meses de noviembre y diciembre, considerado el período de inducción floral fundamental de los cítricos en Cuba. Dadas las condiciones climáticas actuales de elevación de la temperatura mínima hasta 2.0 °C y una mayor ocurrencia de lluvias invernales como consecuencia del evento ENOS, resulta difícil lograr los requerimientos inductivos del cultivo. Por ello, lograr una floración con las características deseadas de magnitud y duración, solo es posible a través de la aplicación de tecnologías de manejo durante la etapa de inducción (inductores químicos, poda y anillado). Los estudios se realizaron en cuatro localidades citrícolas del país, los cuales se detallan en la tabla 3.7.

El período de floración de los árboles de naranjo ‘Valencia Late’ cultivados en la empresa frutícola especializada Enrique Troncoso se desfasó en cuatro (2015-2018) de los seis años (2013-2018) evaluados. El 60 % de los árboles iniciaron la floración en febrero y 20 %-40 % de los mismos culminó este proceso entre los meses de abril a mayo, respectivamente. La ocurrencia de floraciones fuera del período tradicional, de diciembre a marzo, fue modificada por las condiciones meteorológicas que la antecedieron: temperatura máxima elevada y menores valores de temperatura mínima, volúmenes de precipitaciones y cantidad de días con lluvia; para los períodos de tiempo de uno, dos y tres meses (enero, diciembre-enero y noviembre-enero, respectivamente); etapa de inducción y diferenciación de la yema floral.

Los cuatro años contaron con temperaturas máximas (29.2 °C) y mínimas (20 °C), asociadas con volúmenes acumulados de precipitaciones de 86 mm, con una distribución variable de las precipitaciones (8 días). Esto no proporcionó la condición de estrés hídrico necesaria para la inducción de la floración, que se presentó en oleadas y se extendió por un período de tres a cuatro meses. La manifestación de la floración en oleadas influye negativamente sobre la producción y la calidad de las cosechas. Este resultado evidencia, la extrema vulnerabilidad del cultivo en el agroecosistema evaluado, dado el comportamiento de las variables meteorológicas.

Tabla 3.7 Estudios realizados en cuatro localidades citrícolas del país

Componentes del rendimiento	Especie	Cultivar	Localidad (agroecosistema)
Floración	Naranjo dulce [<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck]	'Valencia Late'	Empresa Enrique Troncoso, Pinar del Río
			Jagüey Grande, Matanzas
			Contramaestre, Santiago de Cuba
		'Washington Navel'	Contramaestre, Santiago de Cuba
	Toronjo (<i>Citrus paradisi</i> Macf.)	'Ruby Red'	Jagüey Grande, Matanzas
Desarrollo del fruto	Naranjo dulce [<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck]	'Valencia Late'	Jagüey Grande, Matanzas
	Toronjo (<i>Citrus paradisi</i> Macf.)	'Marsh Seedless'	Jagüey Grande, Matanzas
			Caimito, Artemisa
Producción	Naranjo dulce [<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck]	'Valencia Late'	Jagüey Grande, Matanzas
	Toronjo (<i>Citrus paradisi</i> Macf.)	'Ruby Red'	

De igual forma, para las condiciones edafoclimáticas de Jagüey Grande, el momento de ocurrencia de la floración se relacionó con las temperaturas máximas, mínimas y las precipitaciones en los meses de diciembre y enero. El período de inducción floral se caracterizó por la ocurrencia de temperaturas máximas de 29 °C y mínimas de 19 °C, acompañadas de precipitaciones de 63.2 mm durante el mes de diciembre y precipitación nula en enero, lo cual provocó que la floración se desplazara del período tradicional (diciembre a marzo) y se extendiera hasta el mes de mayo. Esta manifestación de las variables climáticas resultó totalmente diferente con respecto al período de tiempo 2000-2001 que estuvo determinado por temperaturas máximas de 28 °C, mínimas de 14 °C y precipitaciones nulas en diciembre y 59 mm en enero. Los árboles contaron con una floración que inició en la segunda quincena de enero y se extendió hasta la primera de abril. Los resultados demuestran la influencia negativa de las condiciones climáticas observadas, sobre el inicio y culminación de la floración. Similar comportamiento fue identificado para la empresa frutícola especializada Enrique Troncoso.

Los árboles de toronjo (*Citrus paradisi Macf.*) cv. 'Ruby Red' cultivados en Jagüey Grande, manifestaron un desfase de la floración similar a la del naranjo, con valores de 27 y 19 días, respectivamente, como respuesta a los valores de temperaturas y precipitaciones, bajo condiciones climáticas desfavorables en relación al inicio y culminación del período de floración.

Similar comportamiento se observó en la localidad de Contramaestre, Santiago de Cuba. El inicio de la floración de los cultivares de naranjo dulce 'Washington Navel' y 'Valencia Late' plantados en dicha localidad, está asociada fundamentalmente al comportamiento de las variables meteorológicas: precipitaciones acumuladas y temperaturas mínimas durante el mes de enero. Se observó un desfase del inicio de la floración de la 1.a decena de febrero a la 3.a de marzo para el cultivar 'Washington Navel' y en el 'Valencia Late' de la 2.a de febrero a la 3.a de marzo. Ambos cultivares, concluyeron el período de floración desde finales de abril hasta principios de mayo. De acuerdo con los resultados, durante el mes de enero, una disminución de las precipitaciones acumuladas y de las temperaturas mínimas medias del aire, combinado con un incremento de la amplitud de temperaturas extremas, favoreció la ocurrencia de la inducción y diferenciación de la yema floral. Este escenario provocó un retraso en el inicio de la floración principal para los dos cultivares estudiados en las condiciones de Contramaestre.

El período de desarrollo del fruto de los cítricos, desde floración media hasta la recolección, se divide en tres fases (Bain, 1958). La fase I se caracteriza

por la división celular, la fase II se identifica por el alargamiento máximo de las células y la fase III comprende la maduración, pero, es común encontrar en condiciones de cultivo tropical como las de Cuba, una interrupción del crecimiento causado por estrés hídrico. (Del Valle, 1974).

Para las condiciones de Jagüey Grande se requirió contar con volúmenes de precipitaciones superiores a los 50 mm durante el mes de abril para lograr un buen cuajado de las flores de naranjo dulce, a diferencia del año que contó con déficit hídrico, solo 23 mm de precipitación. Como abril es el último mes del período seco, las plantaciones de naranjo requieren la aplicación del riego. Sin embargo, se conoce que la disponibilidad de agua para estos fines anualmente resulta cada vez más escasa, debido a la reducción de 10 % del volumen total acumulado durante el período lluvioso (Planos *et al.*, 2013). Por otra parte, se ha constatado un desplazamiento del período lluvioso de mayo a junio. Por tales razones, el cuajado de los frutos cítricos en las condiciones de cultivo de Cuba, resulta extremadamente vulnerable, dado fundamentalmente, por los impactos del cambio climático.

En la localidad de Caimito, provincia Artemisa, los frutos del toronjo redujeron la dinámica del incremento del diámetro ecuatorial en condiciones de déficit hídrico: 202.4 mm menos de precipitaciones; durante el período de tiempo comprendido de la primera década de abril a la primera de junio con respecto a la demanda hídrica del cultivo (625.0 mm). Como consecuencia, el crecimiento del fruto se prolongó en el tiempo y se extendió 40 días más. Por consiguiente, el diámetro (calibre comercial) de los frutos resultó más pequeño en la recolección, el rango de diámetros estuvo comprendido entre 51 mm-70 mm, 77 % del total de producción del árbol. El diámetro ecuatorial del fruto referido a su tamaño en la cosecha constituye un indicador de importancia relevante en la determinación de la calidad externa de los frutos destinados a la comercialización en fresco y uno de los componentes del Sistema de pronóstico de producción de cítricos diseñado para Cuba.

Se aplicó el análisis de componentes principales para determinar la relación entre los indicadores biológicos de crecimiento del fruto de toronjo cv. 'Marsh Seedless' y nueve variables meteorológicas durante los 30 días anteriores a la etapa de 121-180 días de desarrollo del fruto. Esta etapa comprende desde mediados de la Fase II de crecimiento lineal del fruto hasta el inicio de la fase III de maduración (90-150 días después de la floración).

La condición climática caracterizada por elevadas temperaturas máximas, asociada a bajos valores de temperaturas mínimas y bajos acumulados de precipitaciones, influyó negativamente sobre el desarrollo de los frutos. Esto in-

dujo menores valores de: masa fresca, diámetro ecuatorial, relación diámetro ecuatorial/ diámetro polar y porcentaje de jugo.

Los resultados demostraron la influencia de las condiciones climáticas sobre la masa fresca, el diámetro del fruto y el porcentaje de jugo. Se corrobora la influencia del clima sobre el tamaño final del fruto y el inicio de la recolección, condicionado por las modificaciones de los indicadores biológicos masa fresca y porcentaje de jugo. El contenido de jugo es el indicador biológico que define el inicio de la cosecha de frutos de toronjo. Es conocido que, para las condiciones edafoclimáticas de la Isla de la Juventud, se obtienen cosechas tempranas, cuando la humedad del suelo, inducida por las precipitaciones, en el período comprendido entre la 3.^a decena de junio y la 1.^a de julio es igual o superior al 85 % de la capacidad de campo. Esto permite la recolección entre 11 y 43 % de los frutos en la 3.^a decena de julio y la 1.^a de agosto, respectivamente. (Betancourt et al., 2006).

Con los resultados del análisis anterior se diseñó un modelo para la estimación de la masa fresca del fruto, mediante la regresión por componentes principales del clima. Este indicador tiene una importancia relevante en la ejecución de los pronósticos de producción y la definición de la fecha de cosecha, y es una herramienta metodológica para ser utilizada por las empresas frutícolas especializadas, para una mejor adaptación a las condiciones climáticas desfavorables.

Las afectaciones en la producción relacionadas con las variaciones climáticas representaron desde el punto de vista económico una pérdida de 342 000 toneladas, de ellas 186 000 en el naranjo ‘Valencia Late’ y 156 000 en el toronjo. Estas fueron el resultado del incremento de las temperaturas en la etapa de floración y la disminución de las precipitaciones durante la fase de cuajado de los frutos en el período 2007-2008.

En la localidad de Jagüey Grande se analizó la influencia de la intensidad de la floración sobre la producción. Se pudo conocer que la disminución de la floración en 74.6 y 59.2 % para las especies naranjo y toronjo respectivamente, se asoció con una disminución de la producción de naranjo en 34 % y en toronjo 31 %. Las pérdidas estimadas equivalentes a jugos concentrados congelados que se dejaron de producir por este concepto fueron: para las naranjas con un rendimiento industrial de 10.6 toneladas de frutos frescos por tonelada de jugo concentrado de naranja (FF/t JCCN: (FF-fruto fresco, JCCN-jugo concentrado congelado de naranja) y para las toronjas de 13.6 toneladas de frutos frescos por tonelada de jugo concentrado de toronja (FF/t JCCT: (FF-fruto fresco, JCCT-jugo concentrado congelado de toronjo). Esto indica

una reducción en la producción de jugos equivalente a 29 000 toneladas: 17 500 toneladas para las naranjas y 11 500 toneladas para las toronjas.

Mango (*Mangifera indica L.*) cv. ‘Super Haden’

El mango, aun cuando se ha adaptado a diversas condiciones de clima y suelo, en el trópico presenta diferencias en su comportamiento fenológico anual, en especial, la fase de floración. La floración solo es posible cuando ocurre un reposo vegetativo, debido al antagonismo que se manifiesta entre el vigor vegetativo y la intensidad de la floración. El cultivo en condiciones de clima tropical requiere contar con brotes vegetativos adultos y un estrés hídrico capaz de frenar el desarrollo vegetativo e inducir la yema floral.

Los resultados científico-técnicos que se informan fueron observados en tres localidades: empresa frutícola especializada Enrique Troncoso (Pinar del Río), Alquízar (Artemisa) y Jagüey Grande (Matanzas). La vulnerabilidad de la floración del mango (*Mangifera indica L.*) cv. ‘Súper Haden’ ante las variaciones climáticas se analizó por ciclo productivo (agosto-julio).

En las áreas de la empresa frutícola especializada Enrique Troncoso fueron evaluados siete ciclos productivos (2012-2019). Las fechas de ocurrencia de máximas floraciones, expresado por el porcentaje medio (valores superiores al 60 % con respecto al total del área de la copa), se produjeron cuando las floraciones se iniciaron en la tercera decena de enero y culminaron en la primera de marzo, para cinco de los siete ciclos productivos evaluados. Esta manifestación fue explicada por los resultados del análisis de componentes principales que identificó la asociación negativa de bajo porcentaje de floración del árbol, cuando le antecedieron condiciones climáticas caracterizadas por mayores acumulados de precipitaciones y días con lluvias, en presencia de mayor amplitud de las temperaturas extremas. Las relaciones se explican por una varianza acumulada de 80 % de las dos componentes principales para el período de tiempo de dos meses antes de la floración, etapas de inducción y diferenciación de la yema floral.

De igual forma, se evaluó la influencia de las condiciones climáticas sobre la floración de los árboles de mango ‘Súper Haden’ uno y dos meses antes del momento de ocurrencia y culminación de la floración en la localidad de Alquízar. Las condiciones climáticas que antecedieron a la floración se caracterizaron por mayores valores de temperaturas mínimas y una reducción de la amplitud de las temperaturas extremas, asociados a mayores acumulados de precipitaciones y días con lluvia, lo que provocó un retraso del inicio y culmi-

nación de la floración. Las floraciones se iniciaron a finales del mes de enero y culminaron en la tercera decena de marzo, a diferencia del período tradicional (diciembre-enero), comportamiento similar a lo ocurrido en la empresa Enrique Troncoso.

La determinación de la fecha de inicio y culminación de la floración y su relación con el comportamiento de las variables meteorológicas que anteceden a este proceso, permitió la definición de la longitud del período de tiempo (noviembre- diciembre) con el estrés hídrico requerido por los árboles para que ocurran floraciones tempranas y conocer con antelación cómo se manifestará la floración, temprana o tardía, condición que repercute sobre el inicio de la cosecha.

Resultados similares se obtuvieron para el mango cultivado en Jagüey Grande. El análisis de componentes principales de la floración permitió conocer que altos valores de las temperaturas medias y las precipitaciones (que a su vez elevan la humedad relativa) disminuyen la intensidad de la floración. La mayor influencia sobre la floración para las condiciones climáticas que prevalecieron, es una sinergia entre el descenso de las temperaturas medias y las precipitaciones, acompañada por la presencia de brotes vegetativos maduros, debido a que la floración ocurre durante el período poco lluvioso.

Proyecciones para las empresas frutícolas del país

Las proyecciones climáticas se realizaron en las áreas que ocupan las diez empresas frutícolas especializadas del país: Enrique Troncoso (ET) en Pinar del Río, Cítricos Ceiba (Ce) en Artemisa, Jesús Montané (JM) en Isla de la Juventud, Victoria de Girón (VG) en Matanzas, Arimao (Ar) en Cienfuegos, Ceballos (Cb) en Ciego de Ávila, Sola (So) en Camagüey, Banes (Ba) y Jíquima (Ji) en Holguín y América Libre (AL) en Santiago de Cuba (Figura 3.13). En las proyecciones se utilizó el modelo global HadGEM-ES con tres escenarios de concentraciones representativos (RCP, en inglés). Los escenarios empleados fueron RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5 (escenario de bajas, medias y altas emisiones de gases de efecto invernadero, respectivamente). Se extrajeron los valores anuales del 2020 al 2080 y se calcularon los promedios para tres períodos: 2030 (serie 2021-2040), 2050 (serie 2041-2060) y 2070 (serie 2061-2080). Con estos valores, se confeccionaron mapas para todo el país de las variables meteorológicas temperaturas mínimas y máximas medias y las precipitaciones, pero solo se muestran las proyecciones al 2030, por ser el período de tiempo

inmediato a tener en cuenta por el Programa de Desarrollo de los Frutales y el diseño de estrategias de adaptación al cambio climático.



Figura 3.13 Rejilla modelo HadGEM-ES y localización de empresas frutícolas.

Los valores obtenidos de los tres escenarios RCP fueron regionalizados con los valores históricos del modelo y con el período de referencia o Línea Base de las 54 estaciones meteorológicas disponibles en el país, correspondientes ambos al promedio anual 1981-2004.

Los valores de temperaturas mínimas para el escenario RCP2.6 oscilan entre 20.4-23.5 °C, para el RCP4.5 entre 20.5-23.4 °C y para el RCP8.5 entre 20.7-23.6 °C. Los escenarios muestran incrementos entre 0.5-1.5 °C para nueve de las diez empresas con respecto a los valores de la línea base, que oscilan entre 19.2 °C y 23.4 °C. Solo en la empresa Banes se mantienen valores similares a los valores de la línea base por encima de los 23 °C. (Figura 3.14 a).

La presencia de temperaturas mínimas elevadas, provocará un notable impacto sobre la floración, al no favorecer el reposo vegetativo de los árboles en detrimento de la fase reproductiva. La calidad de las cosechas también será modificada, debido a la disponibilidad de energía para las reacciones de síntesis de compuestos orgánicos (azúcares y ácidos del jugo), así como el tamaño final del fruto referido al diámetro ecuatorial en la cosecha.

Los valores de temperaturas máximas para el escenario RCP2.6 oscilan entre 29.5-31.5 °C, para el RCP4.5 oscilan entre 29.6 -31.6 °C y para el RCP8.5 entre 29.6-31.6 °C. Los escenarios muestran un ligero incremento para ocho de las diez empresas frutícolas especializadas con respecto a los valores de la línea base, que oscilan entre 29.2 y 31.4 °C. En las empresas de Victoria de Girón y Arimao, las proyecciones de la temperatura máxima son similares a

los valores de la línea base (Figura 3.14 b). Para el resto de las empresas las proyecciones muestran un incremento entre 0.5 °C-1.0 °C. Esta información resulta extremadamente útil para la adopción de decisiones referidas al establecimiento de nuevas plantaciones. Los cultivares de la especie cítrica naranjo dulce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] hasta la fecha, no muestran un comportamiento adecuado, referido a la expresión del rendimiento y calidad de las cosechas, en condiciones cálidas de cultivo. Esto difiere del comportamiento de los toronjos, que tienen mayor adaptabilidad a estas condiciones, dadas por su zona de origen, el área del Caribe.

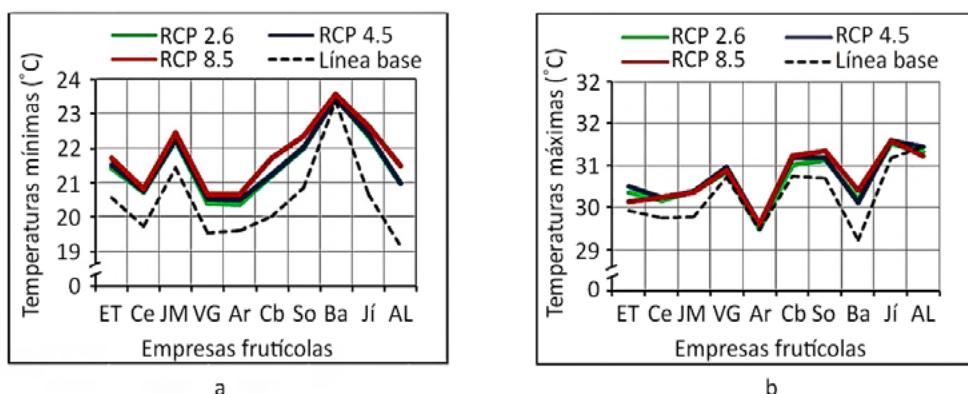


Figura 3.14 Proyecciones al 2030 de temperatura en empresas frutícolas. (a) Temperatura mínima y (b) Temperatura máxima.

Por otra parte, bajo condiciones de cultivo en clima tropical, el desarrollo del fruto es rápido, pero la calidad externa del fruto para naranja y mandarina es pobre. El color de la piel es típicamente verde, y el del jugo amarillo pálido; el total de sólidos solubles totales y la acidez total es baja debido a que las temperaturas máximas medias permanecen altas durante todo el año, lo que ocasiona altas tasas respiratorias que metabolizan los azúcares y los ácidos. Por otro lado, las toronjas y las limas ácidas, muestran características adecuadas en cuanto a la corteza y color del jugo, y la calidad interna de la fruta es satisfactoria, dado por la relación sólidos solubles totales-acidez.

Con respecto a los valores de las precipitaciones, para el escenario RCP2.6 fluctúan entre 1 174.7 y 1 873.2 mm, en el escenario RCP4.5 entre 992.0 y 1 641.1 mm y para el RCP8.5 entre 1 092.1 y 1728.1 mm. En comparación con la línea base (931.4-1661.6 mm) los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proyectan incrementos, mientras que para el escenario RCP4.5 los valores de

las precipitaciones son iguales o inferiores a los contenidos en la línea base, con la excepción de la empresa Banes donde las proyecciones siempre son superiores. (Figura 3.15).

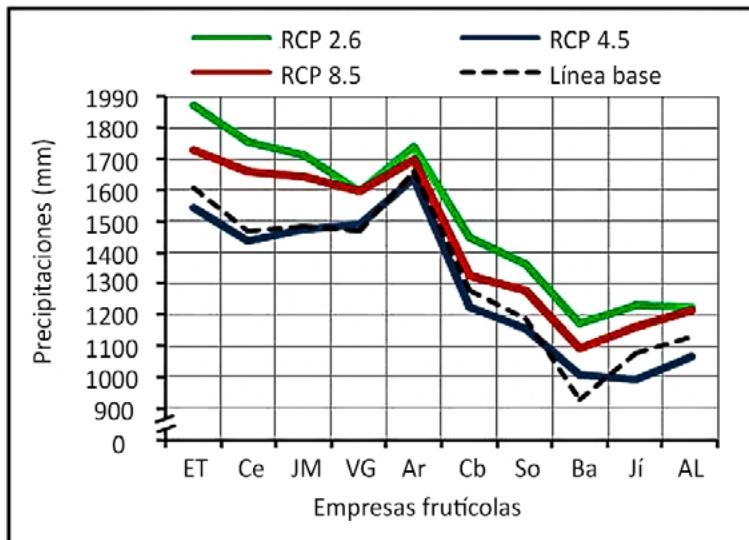


Figura 3.15 Proyección al 2030 de la precipitación en empresas frutícolas.

Impactos del cambio climático para los cultivos de cítricos y mango:

- desfase de la floración del período tradicional para cítricos y mango por el incremento de las temperaturas mínimas y distribución aleatoria de las precipitaciones en las etapas de inducción y diferenciación de la yema floral (noviembre-diciembre);
- afectaciones en la producción y composición por calibres de los cítricos, debido al déficit hídrico provocado por escasas precipitaciones, durante el período de cuajado de la flor y de crecimiento y maduración de los frutos.

Medidas de adaptación ante el cambio climático en el sector de frutales:

- diseño y aplicación de tecnologías de manejo de los cultivos dirigidas a minimizar las floraciones por oleadas, lo que permitirá lograr un adecuado ordenamiento de la recolección y mayor eficiencia de las industrias;

- monitoreo de la humedad del suelo durante el período de desarrollo del fruto, teniendo en cuenta las necesidades hídricas de los cultivos;
- aplicación del modelo de estimación de indicadores productivos diseñado para frutos del toronjo;
- desarrollo de un programa de patrones y cultivares resistentes a la salinidad y alcalinidad de los suelos en las localidades de Jagüey Grande (Matanzas) y Contramaestre (Santiago de Cuba).

Ganado porcino: desde el año 1969, la crianza de ganado porcino a nivel empresarial o especializada comenzó a desarrollarse a un ritmo acelerado y creciente en el país. Ya en 1970 se producen 16 000 toneladas de carne y comienza la gestión comercial, con un crecimiento sostenido, hasta alcanzar en 1989 la cifra récord de 102 400 toneladas.

En el año 1990, durante el llamado período especial, comenzó el descenso productivo provocado por la falta de alimentos, debido a la desaparición de los mercados tradicionales de importación.

En abril del 2005, por acuerdo del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, se decide comenzar la recuperación de la producción porcina mediante el Programa de Desarrollo Porcino. Su objetivo es alcanzar 100 000 toneladas de carne en pie, basado en el crecimiento sostenido de la producción en las unidades porcinas estatales, las que se encuentran acompañadas de las modalidades de los convenios, de la producción individual y de traspatio.

Al término del año 2007, Cuba contaba con una estructura administrativa y técnica que incluía:

- Grupo de Producción Porcina (GRUPOR), subordinado al Ministerio de la Agricultura. Actualmente el GRUPOR pasó a ser la División Tecnológica Porcina del Grupo Empresarial Ganadero, GEGAN;
- Instituto de investigaciones Porcinas (IIP);
- Empresa Comercializadora de Equipos Porcinos;
- Empresa Genética Porcina;
- Catorce empresas porcinas provinciales;
- Unidades territoriales en 160 municipios del territorio nacional, que se vinculan directamente con las empresas provinciales correspondientes.

Con esta estructura y sus resultados es que se establece la línea base a partir del año 2013. Esta línea base fue actualizada en 2017, previendo un crecimiento del número de cerdos, en una línea tendencial al año 2030, con vistas

a alcanzar una producción de 10 000 toneladas de carne en pie por cada año hasta 2030. Todo ello, con el objetivo de contribuir a la sostenibilidad alimentaria, tomando a la carne de cerdo como alimento proteíco para la población cubana.

Este crecimiento productivo, sin duda tendrá grandes impactos ambientales, los cuales han sido identificados por cada localidad, ya que sus excretas son 10 veces más contaminantes que las excretas humanas y tienen el riesgo de producir más de 100 enfermedades de origen hídrico, si son tratadas incorrectamente.

Las aguas residuales porcinas, que son las producidas durante la limpieza de los corrales, donde se arrastran las excretas, orinas, pelos, restos metabólicos de los animales y de la alimentación, pueden contaminar a los cuerpos de aguas, las cuencas hidrográficas y las bahías. También pueden dañar la productividad de los suelos y las emanaciones de metano conspiran con las emisiones de gases de efecto invernadero de manera global.

En el país se manejan cinco categorías de cerdos de acuerdo a su edad, sexo y objetivo:

- sementales o verracos: machos utilizados para monta o inseminación artificial;
- reproductoras: cerdas vacías, cubiertas, gestantes y lactantes;
- crías: cerditos hasta 33 días de edad;
- preceba: cerditos de 34 a 75 días de edad;
- ceba: cochinos de 76 a 105 días de edad.

Impactos principales del cambio climático en la ganadería porcina

El cerdo es un animal con una limitada capacidad termorreguladora, debido por una parte a que carece de un sistema que le permita la sudoración y por otra, por su potencialidad de acumular tejidos gramos debajo de la piel, lo que aumenta su aislamiento térmico con el ambiente, razones que lo hacen extremadamente vulnerable al aumento de la temperatura ambiental. Los principales impactos son:

- disminución general de la productividad y muerte por infarto;
- menor efectividad del semen en los sementales;
- infertilidad en las reproductoras;
- enfermedades gastrointestinales en las crías y animales de preceba;

- disminución del apetito en los animales de ceba y de la producción de leche en las reproductoras.

Medidas de adaptación ante el cambio climático en la ganadería porcina

Los nuevos conocimientos adquiridos sobre el confort de los cerdos serán la base para adoptar las medidas de adaptación al cambio climático en la ganadería porcina. En consecuencia, en las nuevas instalaciones que se construyan, la Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios (ENPA), deberá tener en cuenta para el sector estatal y no especializado las siguientes medidas de adaptación:

- diseñar las naves de alojamiento de cerdos con una orientación este-oeste, con alturas de 2.40 m en la parte más baja de la nave y 3.60 m en el centro, incluyendo reventilación central, para disminuir las altas temperaturas en las áreas;
- la ubicación de las unidades porcinas debe tener una distancia entre carreteras y zonas urbanas de 3 a 5 kilómetros;
- proteger del sol a los sistemas hidráulicos;
- elevar la eficiencia de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales.

Ganado vacuno: desde comienzos de los años noventa del pasado siglo, la economía cubana se ha tenido que desenvolver en un escenario complejo, caracterizado por la presencia de fuertes restricciones financieras externas, agudizadas por el endurecimiento del bloqueo económico, comercial y financiero por parte del gobierno de los Estados Unidos de América, cuya presencia tiene más de seis décadas. No obstante, la ganadería vacuna cubana continúa teniendo una especial relevancia, dada su incidencia en la seguridad alimentaria nacional como proveedora de proteínas para el consumo de la población.

En la actualidad la agroindustria ganadera transita por una complicada y difícil situación que ha causado una profunda descapitalización de los sistemas productivos, incluyendo la tierra, el rebaño, las instalaciones, equipamiento e infraestructura, con las consiguientes afectaciones en los volúmenes de producción, indicadores de eficiencia y resultados económicos de la ganadería.

La superficie agrícola dedicada a la ganadería cuenta con algo más de 2 millones de hectáreas, de ellas aproximadamente 18 % es de pastos cultivados, 38 % se encuentra parcial o totalmente ocupada por plantas invasoras, y el resto por pastos naturales de baja productividad.

La producción lechera se ha reducido significativamente en los últimos años, con volúmenes del orden de los 500 millones de litros y la de carne no superan las 140 000 toneladas de peso vivo, niveles muy por debajo de la demanda mínima del consumo, lo que ha implicado un incremento significativo de las importaciones, tanto de la leche en polvo, como de carne de aves que se oferta en sustitución de la carne vacuna.

En el período 1989-2004, se modificó significativamente la forma de tenencia de ganado vacuno, pasando en el sector estatal de 79.4 a 27.0 %. En la misma etapa se registró un amplio crecimiento en el sector privado, el cual fue capaz de producir 68 % de la leche, en 35.5 % de la superficie agrícola nacional.

Independientemente a la forma de tenencia de la tierra, en las áreas ganaderas se aprecian los principales problemas ambientales relacionados con el sector agrícola. Entre estos problemas se encuentran la degradación de los suelos, la deforestación, la contaminación de los cuerpos de agua, la pérdida de la diversidad biológica y mayor emisiones de metano y óxido nitroso en las tres categorías de fuente principal (fermentación entérica, disposición de excretas y manejo de residuales).

Impactos principales del cambio climático en la ganadería vacuna

La ganadería vacuna se desenvolverá en un ambiente climático adverso, donde los principales impactos del cambio climático, con gran afectación en la productividad del ganado, son:

- disminución generalizada de la disponibilidad de alimentos, debido a la merma en la producción potencial de biomasa en los pastos;
- merma en la disponibilidad de agua para el consumo directo por los animales y para otros usos de las tecnologías empleadas;
- reducción de las condiciones de confort y salud de los animales de crianza;
- disminución progresiva de la duración en días de las fases fenológicas de cultivos importantes, entre los que se encuentran los pastos, incluyendo la duración total de los ciclos de cultivo, decreciendo sus rendimientos potenciales.

Medidas de adaptación ante el cambio climático en la ganadería vacuna

La adaptación en la ganadería vacuna requerirá del uso de tecnologías de protección de pastos y forrajes y del ganado; la obtención e introducción de

variedades de cultivos con mayores rendimientos potenciales; la conservación in situ y ex situ de recursos genéticos locales adaptados a las condiciones de altas temperaturas, capaces de mantener su productividad con un menor consumo de agua o que posean otras características apropiadas para el ambiente en que se manejen. Las principales acciones de adaptación serían:

- establecer variedades de pastos y forrajes que presenten los mejores rendimientos en las condiciones actuales y futuras;
- multiplicar genotipos y razas que presenten las mejores producciones de leche y carne en las condiciones actuales y se comporten con buenos rendimientos en escenarios futuros;
- fortalecimiento de las capacidades y conocimiento relacionado con el enfrentamiento al cambio climático en el sector ganadería; y
- búsqueda de financiamiento internacional que permitan desarrollar proyectos de colaboración para disminuir los impactos del cambio climático en las producciones ganaderas.

Asimismo, en la ganadería vacuna se implementarán las acciones de mitigación aprobadas a nivel de país para este sector, aumentando de forma positiva la relación productividad-producción de carbono en los sistemas ganaderos.

3.5.3 Bosques

En esta sección los impactos del cambio climático y las correspondientes medidas de adaptación en el sector forestal se describen en dos partes: en la primera se muestran los resultados alcanzados específicamente en esta Tercera Comunicación Nacional, mientras que en la segunda se recopilan los principales resultados de las tres Comunicaciones Nacionales. En ambos casos, los impactos del cambio climático en los bosques de Cuba fueron evaluados a partir de las proyecciones del aumento del nivel del mar y de los escenarios climáticos desarrollados por el Instituto de Meteorología.

Parte 1: Resultados alcanzados en esta Tercera Comunicación Nacional

Impactos principales del cambio climático en el sector forestal

Bosques costeros

Impactos debido al aumento del nivel medio del mar y de la intrusión salina en los acuíferos sobre los bosques de ocho empresas provinciales (Costa Sur, Matanzas, Cienfuegos, Sancti Spíritus, Ciego de Ávila, Camagüey, Las Tunas y Mayarí):

- pérdidas de patrimonio forestal y de existencias de madera;
- cambios en la composición de especies de las formaciones naturales;
- afectaciones a la biodiversidad.

Bosques de montaña

Impactos por aumento de la temperatura sobre la biodiversidad arbórea de los bosques de Guamuhaya, Baracoa y Sierra Maestra:

- pérdida de formaciones naturales en la Sierra Maestra;
- pérdida o desplazamiento altitudinal de especies endémicas.

Bosques de pino

Impactos debido al aumento de temperatura y a la variación de las lluvias en la modificación de la distribución espacial de los pinos occidentales y en la producción de semilla genéticamente mejorada:

- cambio de las áreas climáticas apropiadas para cada especie;
- afectaciones en la calidad de la semilla mejorada de pino macho.

Bosques húmedos

Impactos debido al aumento de la temperatura y a la variación de las lluvias sobre los bosques de la Empresa Agroforestal de Ciego de Ávila:

- modificación de los patrones fenológicos;

- reducción del logro en plantaciones;
- alteraciones fisiológicas en árboles adultos;
- aumento de condiciones propicias para incendios.

Plagas forestales

- Modificaciones en las poblaciones con el aumento de los daños de insectos defoliadores, y perforadores de los brotes (*D. horneana*; *R. frustrana*; *H. grandella*; y *A. insularis*) e insectos descortezadores de los pinos (lps).

Las **acciones de adaptación** propuestas para atenuar los efectos de tales impactos son:

Bosques costeros:

- suspender permanentemente el aprovechamiento sin plan de manejo en la formación Manglar;
- completar la reforestación en las formaciones manglar, uveral, manigua costera, semicaducifolio sobre calizas y semicaducifolio de mal drenaje;
- completar el establecimiento de bosques artificiales en el área comprendida entre los bosques naturales costeros y las zonas agropecuarias interiores, empleando especies apropiadas a las condiciones de salinidad, suelo y clima;
- identificar y conservar ex situ las especies endémicas y/o protegidas.

Bosques de montaña:

- acometer un exhaustivo proceso de documentación sobre las características y peculiaridades de las formaciones Monte fresco, Monte nublado y de sus especies, empleando todos los recursos de las modernas tecnologías de la información;
- conservar ex situ las especies no endémicas del Monte Nublado y de los grupos de especies de mayor riesgo de extinción en Cienfuegos, Sancti Spíritus y Baracoa.

Bosques de pino:

- reorganización espacial de los planes de reforestación de los dos pinos occidentales en Pinar del Río;
- traslado de las áreas de producción de semilla mejorada genéticamente;
- suspensión del aprovechamiento en el área protegida de Galalón;
- sustitución paulatina del empleo de pino macho en los planes de reforestación de las provincias diferentes a Pinar del Río.

Bosques húmedos:

- reorganización de los planes de cosecha de semilla;
- adecuación de la tecnología de producción de plantas en vivero;
- eliminación de las indisciplinas tecnológicas en la preparación de sitio;
- reforzamiento de las medidas de protección contra incendios.

Plagas forestales:

- reactivación del sistema de inventario de plagas forestales en el país, en coordinación con la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal, el Servicio Estatal Forestal, el Cuerpo de Guarda Bosques y las empresas forestales.

Parte 2: Resultados alcanzados en las tres Comunicaciones Nacionales

En el país han sido evaluadas hasta la fecha las afectaciones esperables en el patrimonio forestal de 19 empresas agroforestales y un área protegida, las que en total administran cerca de 1.5 millones de hectáreas. El área protegida es el Delta del Cauto y las 19 empresas son: Guanahacabibes, Macuriye, Minas de Matahambre, Pinar del Río, La Palma, Costa Sur, Mayabeque, Matanzas, Ciénaga de Zapata, Villa Clara, Cienfuegos, Sancti Spíritus, Ciego de Ávila, Camagüey, Las Tunas, Granma, Mayarí, Sierra Cristal y Baracoa.

Los cuatro **impactos principales** registrados o esperables son:

1. **Pérdida de patrimonio, de bosques costeros y de la protección que ofrecen a las áreas agropecuarias interiores.** Este impacto será mayor

en las empresas agroforestales de Camagüey, Mayabeque y Ciego de Ávila. Al final del siglo XXI se espera de lugar a:

- pérdidas de patrimonio superiores a 228.5 miles ha;
- pérdidas de madera superiores a los 8 230.9 miles m³;
- pérdidas económicas superiores a los 352.2 millones CUP;
- emisiones de GEI superiores a los 283.3 millones t.

2. Redistribución espacial de los pinos occidentales. Las variables bioclimáticas que más influyen en la distribución de pinares de *Pinus caribaea* son el régimen anual de precipitaciones y para *Pinus tropicalis*, la precipitación anual y la temperatura en el período más cálido. Las valoraciones realizadas alcanzaron las siguientes conclusiones:

- la modelación de distribución de especies prevé para *Pinus caribaea* una tendencia a la reducción de sus áreas y ligeros desplazamientos al Este; en tanto que *Pinus tropicalis* manifiesta un comportamiento al incremento de sus áreas y desplazamiento al Oeste en la provincia Pinar del Río, no así en la Isla de la Juventud;
- se prevé un mayor impacto sobre los pinares de *Pinus caribaea* y sus unidades técnicas para la producción de semillas, que para *Pinus tropicalis*;
- el empleo de *Pinus caribaea* en los planes de reforestación que se desarrollen al este de la provincia Pinar del Río, enfrentarán condiciones climáticas progresivamente desfavorables a lo largo del siglo XXI.

En las figuras 3.16 y 3.17 se muestra la distribución futura esperable de los pinares de *Pinus caribaea* y de *Pinus tropicalis*, respectivamente.

3. Riesgo de muerte regresiva climática. Incluye a los bosques existentes en 46 municipios del país. Los seis municipios de mayor riesgo se localizan en las provincias de Granma y Guantánamo. Las categorías de clasificación del riesgo de muerte regresiva climática aparecen en la tabla 3.8.

4. Pérdida de especies y formaciones naturales de montaña. Incluye, a partir de mediados del presente siglo, la posible pérdida de 26 especies arbóreas endémicas y una formación forestal completa, distribuidas en el macizo de Guamuhaya (12 especies), la Sierra Maestra (la formación

Bosque Fresco, con sus 6 especies) y en el macizo Nipe-Sagua-Baracoa (8 especies) (Cuadros 3.3, 3.4 y 3.5).

Las **acciones de adaptación** propuestas para atenuar los efectos de tales impactos son:

- suspender las acciones de aprovechamiento con fines económicos en los manglares;
- completar la reforestación de los bosques costeros con especies apropiadas;
- restringir la reforestación con *Pinus caribaea* desde Artemisa hacia el este;
- restringir la reforestación con especies de rápido crecimiento y/o baja densidad de la madera en los 15 municipios de riesgo de muerte regresiva climática alta y media;
- documentar exhaustivamente las especies endémicas en Guamuhaya y Nipe-Sagua-Baracoa, así como en las formaciones Bosque Nublado y Bosques Fresco en la Sierra Maestra;
- reajustar progresivamente los calendarios de las actividades silvícolas;
- proteger ex situ las especies no endémicas que puedan estar en peligro.

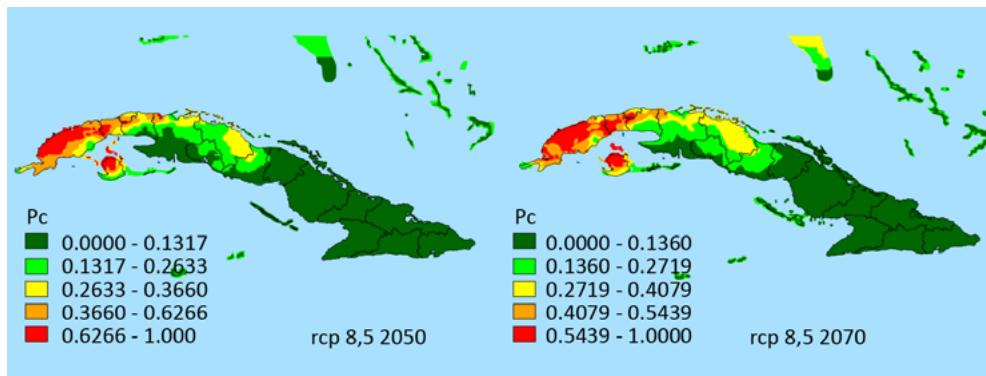


Figura 3.16 Probabilidad de nicho climático del *Pinus caribaea* en la isla de Cuba. Ensamble de los modelos climáticos globales de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados de los centros de modelación del clima de todo el mundo (CMIP5) para el escenario RCP8.5 en los años 2050 y 2070 ($0.43 < P \leq 0.54$ en naranja; $P > 0.54$ en rojo). Fuente Carlos Alberto Miranda. Tesis de doctorado, Universidad de Pinar del Río, 2017.

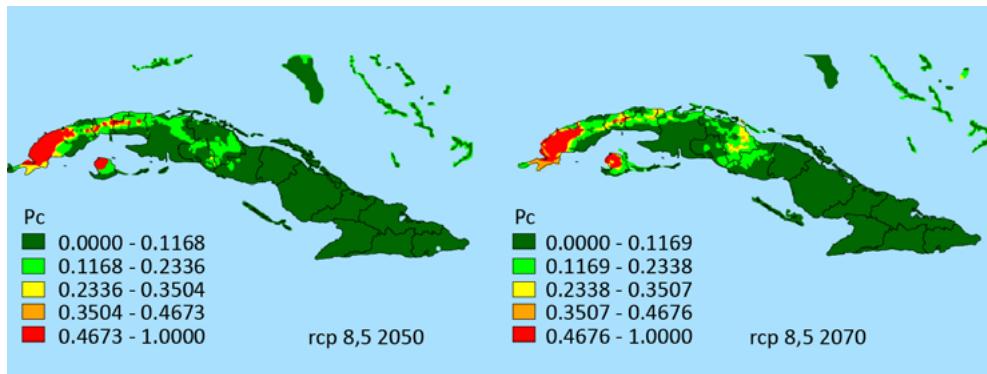


Figura 3.17 Probabilidad de nicho climático para el *Pinus tropicalis* en la isla de Cuba. Ensamble de los modelos climáticos globales de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados de los centros de modelación del clima de todo el mundo (CMIP5) para el escenario RCP8.5 en los años 2050 y 2070 ($0.36 < P \leq 0.48$ en naranja; $P > 0.48$ en rojo).
Fuente Carlos Alberto Miranda. Tesis de doctorado, Universidad de Pinar del Río, 2017.

Tabla 3.8 Clasificación del riesgo de muerte regresiva climática

Temperatura media anual (°C)	Precipitaciones (mm/año)		
	1 320-1 096	1 095-871	870-647
25.27-25.59	Leve	Leve	Medio
25.60-25.92	Leve	Medio	Alto
25.93-26.27	Medio	Alto	Alto

Cuadro 3.3 Macizo de Guamuhaya. Posible pérdida de 12 especies endémicas a partir de mediados del presente siglo

Nombre científico	Nombre común
<i>Abarema oppositifolia</i> (Urb.) Barneby & Grimes	Caracoí
<i>Aralia rex</i> (E.) W.	Guana
<i>Ateleia salicifolia</i> M.	Mierda de gallina
<i>Cordia valenzuelana</i> R.	Ateje hembra
<i>Gaussia spirituana</i> M.&L.	Palma de Mogote
<i>Guibourtia hymenaeifolia</i> (M.) L.	Caguairán
<i>Juglans jamaicensis</i> subsp. <i>insularis</i> (G.) S.	Nogal del país
<i>Karwinskia potrerilloana</i> (B.&M.) B.	---

Cuadro 3.3 (continuación)

Nombre científico	Nombre común
<i>Magnolia cubensis Urb. subsp. acunae I.</i>	---
<i>Ocotea acunai B.</i>	---
<i>Pachyanthus clementis W.</i>	Hierro
<i>Podocarpus angustifolius G.</i>	Sabina cimarrona

Cuadro 3.4 Sierra Maestra. Posible pérdida de 6 especies endémicas (formación Bosque Fresco), a partir de mediados del presente siglo

Nombre científico	Nombre común
<i>Cleyera ekmanii (O. C. S.) K.</i>	---
<i>Clusia tetrastigma V.</i>	Cupeicillo
<i>Haenianthus salicifolius G.</i>	Bayito
<i>Juniperus saxicola B. et W.</i>	Sabina
<i>Lyonia turquini (S.) E. et U.</i>	---
<i>Ternstroemia microcalyx K. et U.</i>	---

Cuadro 3.5 Macizo Nipe-Sagua-Baracoa. Posible pérdida de 8 especies a partir de mediados del presente siglo

Nombre científico	Nombre común
<i>Bonnetia cubensis (B.) H.</i>	Manglecillo
<i>Henriettella acunae A.</i>	---
<i>Laplacea moaensis M. V.</i>	---
<i>Magnolia cubensis Urb.</i>	Mantequero
<i>Ocotea moaensis B.</i>	---
<i>Pera ekmanii U.</i>	Jiquí
<i>Podocarpus ekmanii U.</i>	Sabina cimarrona
<i>Victorinia regina (L.) L.</i>	Sabrosa

3.5.4 Asentamientos humanos

En este estudio el escenario utilizado de ascenso del nivel medio del mar fue de 27 cm para el año 2050 y de 85 cm para el 2100 (Salas et al., 2006; Pérez-Parrado

et al., 2008). Sin embargo, con los nuevos escenarios de ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100 de 29.3 y 95.0 cm, respectivamente (Pérez-Parrado, 2019), habrá que tener en cuenta que se producirán cambios en la línea de costas, las franjas de inundación se rectificarán y se iniciará un nuevo ciclo de precisiones en materia de adaptación en los asentamientos humanos afectables.

Las modelaciones que se hagan en el futuro con esos nuevos escenarios, tendrán que salvar interrogantes aún presentes, motivadas entre otros factores, por la escala cartográfica empleada y la inclusión en los cálculos del ascenso diario de las mareas. De gran importancia será precisar el aumento del mar en las bahías de bolsas, donde puede ser significativo el número de instalaciones a preservar, al ser localidades vitales para la exportación e importación de recursos y productos que sustentan las actividades económicas del país.

No obstante, la actualización de los impactos y medidas de adaptación que se estimaron con los escenarios de aumento del nivel del mar del año 2006, y que se describe a continuación, representa un avance con respecto a lo realizado en la Segunda Comunicación Nacional.

Impactos principales del cambio climático en los asentamientos humanos

Considerando el territorio emergido de la isla de Cuba y de la Isla de la Juventud, así como las áreas ocupadas por las lagunas costeras interiores, se estiman inundaciones permanentes que alcanzan los 673 km² para la situación actual (0.61 % del territorio); 2416 km² (2.24 %) para el año 2050; y 5645 km² (5.33 %) para el 2100. (AMA, 2019).

De los 112 asentamientos comprendidos en la investigación (sin incluir a La Habana), en 8 no se prevé afectación; 16 se consideran afectados actualmente de forma parcial; 89 van a tener afectaciones permanentes de sus superficies por el ascenso del nivel del mar al 2050 de forma parcial y solo 15 de forma total²¹.

Para el ascenso del nivel medio del mar de 85 cm previsto en el año 2100, se han identificado hasta el momento 93 asentamientos humanos afectados de forma parcial y 4 de forma total, en ambos casos de forma permanente.

²¹ Se considera afectación de forma total cuando más del 90 % de la superficie del asentamiento se estima con inundación predecible. Se considera afectación parcial cuando es cubierto por las aguas del mar una superficie del asentamiento costero inferior al 90 %.

De estos resultados se desprende que en total existen 19 asentamientos humanos costeros que deberán ser reubicados en el tiempo, ya que se verían afectados totalmente, proceso que se producirá de forma progresiva hasta el año 2100. Los que en la actualidad están enclavados en zonas de afectaciones parciales tendrán que estar igualmente sujetos a reordenamiento, incluir medidas de protección, de reacomodo, acciones ecosistémicas que permitan viabilizar la adaptación al cambio climático y estar sujetos a regulaciones urbanísticas que permitan enfrentar los fenómenos y procesos que pueden afectarles. (IPF, 2009).

Estos 19 asentamientos costeros alcanzarán una superficie total de aproximadamente 3.4 km², valor discreto²² si se compara con el total afectado en todo el territorio nacional, que supera en zonas bajas cenagosas los 5000 km². De estas dimensiones se desprende que las afectaciones esperadas para los asentamientos humanos son aparentemente poco significativas en términos de superficies frente a otros usos del suelo donde se reportarán valores de ocupación por aguas de mar en áreas bajas según las características de los diferentes tramos de costas, donde son frecuentes las formaciones boscosas de manglar y ciénagas, o las dunas arenosas. (IPF, 2009).

La Habana está conformada por un único asentamiento, con numerosos elementos en exposición ante los procesos derivados del cambio climático en sus zonas costeras. Debido a su gran magnitud espacial y poblacional se le brinda un tratamiento especial, pues sus cifras distorsionarían cualquier análisis realizado en el contexto nacional, de ahí su análisis de forma independiente y considerando al consejo popular como su unidad de observación. Con una superficie total de 728.26 km² (ONEI, 2019), La Habana tiene 15 municipios subdivididos en un centenar de consejos populares, y de ellos solo seis: Playa, Plaza de la Revolución, Centro Habana, Habana Vieja, Regla y Habana del Este son costeros y abarcan 26 consejos populares con afectaciones identificadas solamente de tipo parcial.

Estimados de población total concentrada²³

De acuerdo a ONEI (2019), Cuba cerró el año 2018 con una población de 11 209 628 habitantes. Las estimaciones de la población realizadas para los

²² Persisten algunas incertidumbres asociadas a la falta de precisión en asentamientos localizados en el interior de bahías.

²³ Es la población residente en asentamientos concentrados, estos son asentamientos con 15 o más viviendas, separadas entre sí hasta 50 m, con nombre y linderos que lo diferencien. En terrenos montañosos se admiten distancias superiores. (ONEI, 2014).

asentamientos afectables de forma permanente para los años 2050 y 2100, así como para la actual variabilidad climática, tienen una cuota de incertidumbre muy alta, dada por:

- la magnitud de los plazos temporales;
- la velocidad con que está evolucionando el país;
- los eventos demográficos que van determinando el carácter del crecimiento, o el decrecimiento sostenido de la población cubana de hoy.

Para estimar la población concentrada en los asentamientos de interés para los años 2050 y 2100, se partió de los tamaños de población provincial y municipal del censo 2012, aplicando un procedimiento metodológico bien establecido por el Instituto de Planificación Física. La agrupación de la población de los municipios se realizó en cuatro secciones, según la población de cada asentamiento (cabecera municipal o provincial, asentamientos mayores de 2000 habitantes (urbanos o rurales), asentamientos mayores de 200 habitantes, y asentamientos menores de 200 habitantes (concentrados o dispersos del ámbito rural).

Para los 26 consejos populares ya identificados de La Habana se procede de forma similar a los asentamientos estudiados del resto de las provincias, aunque sin trabajar con el nivel de las secciones de población, por estar contabilizada la ciudad como una sola unidad.

A partir del procedimiento aplicado y asumiendo los dos escenarios identificados, se tienen los estimados de población total para un escenario tendencial en el que la población concentrada pasaría el millón de habitantes, correspondiente a los 112 asentamientos y de poco menos de 500 000 habitantes a nivel de consejo popular en la capital (Tabla 3.9). Se puede apreciar en ambos casos la disminución de población concentrada total en los dos escenarios, en consonancia con el decrecimiento esperado de población.

Tabla 3.9 Estimado de población potencialmente afectada por ascenso del nivel medio del mar

Años	Por asentamiento	Por consejos populares de La Habana
2050	1 335 710	444 926
2100	1 333 843	388 341

Fuente: *Instituto de Planificación Física, a partir de Boquet (2019)*.

Para analizar el impacto esperado en términos de población que se pudiera generar por el ascenso del nivel medio del mar, se parte de la población total estimada en el escenario tendencial para el universo de los 112 asentamientos y de los 26 consejos populares de La Habana (Boquet, 2019), conjuntamente con la ocupación de tierras confirmada de forma progresiva hasta los 85 cm de altura.

Para la estimación de las viviendas, se parte del índice de habitantes por vivienda (ONEI, 2014), el cual establece la diferencia por provincias y zona de residencia (urbano/rural y montaña/llano). Sobre la base de la población estimada en asentamientos y consejos populares, entonces se calculan las viviendas afectadas en la situación actual y las afectables de forma progresiva hasta el año 2100.

Para los 26 consejos populares de los seis municipios del litoral norte de La Habana, las afectaciones se consideran de tipo parcial solamente. La zona costera afectable en la capital en la práctica es muy limitada en particular para las zonas bajas de la costa, situación esta que no es similar cuando se trata del análisis de otros fenómenos causantes igualmente de penetraciones del mar, pero con características temporales. En particular, Guanabo al este y el Bajo de Santa Ana al oeste en Santa Fe requerirán de todo un cuerpo de medidas para salvaguardar los recursos económicos, el funcionamiento de esa parte de la ciudad y la población residente y lograr la adaptación al reducir los niveles actuales de vulnerabilidad ante el efecto del cambio climático en el entorno costero.

La magnitud de los plazos temporales, en cuanto a los escenarios de transformación y desarrollo de los asentamientos costeros afectables, así como las tendencias de su poblamiento actual, pueden verse modificadas por factores muy diversos como son el crecimiento poblacional, el comportamiento migratorio, las expectativas de la población y el desarrollo económico. El abandono o traslado de un asentamiento humano debido a impactos de eventos hidrometeorológicos severos, también podría modificar las cifras de afectación a población e inmuebles, en medio de las incertidumbres del escenario prefijado.

Un resumen de la afectación estimada de población y viviendas por tipo de afectación en la situación actual y perspectiva se muestra en la tabla 3.10.

Tabla 3.10 Nivel de afectación por cambio climático en población y viviendas. Presente y para los años 2050 y 2100

Afectación	Asentamientos			Consejos Populares		
	Cantidad (u)	Población (Hab.)	Viviendas (u)	Cantidad (u)	Población (Hab.)	Viviendas (u)
Afectación para la situación actual						
Parcial	16	964	344	2	368	125
Total	0	0	0	0	0	0
Afectación en el año 2050						
Parcial	89	27 270	9 402	21	1 734	651
Total	15	4 043	1 418	0	0	0
Afectación en el año 2100						
Parcial	93	40 980	14 249	26	6 414	2.075
Total	4	1 863	667	0	0	0

Fuente: IPF (2019).

Estas cifras son de vital interés para definir acciones y medidas, por lo que será imprescindible analizar cada territorio de forma individual para identificar los esfuerzos de adaptación que requieren y determinar el orden de prioridades para guiar el proceso de las intervenciones.

A partir de lo anterior, los impactos principales del cambio climático en los asentamientos humanos podrían resumirse como sigue:

- En los 112 asentamientos estudiados, sin incluir La Habana, se identifican afectaciones parciales, debido a la variabilidad climática actual, solamente en 16 asentamientos. Las afectaciones permanentes en población y viviendas, generadas por el cambio climático serán totales en 19 asentamientos (15 en 2050 y en 4 en 2100) y serán parciales en 89 asentamientos en 2050 y en 93 en 2100.
- En la capital no se estiman afectaciones totales. Solamente se identifican afectaciones actuales en los consejos populares Guanabo y Santa Fe. Los consejos afectables de forma parcial, ascienden a 21 en 2050 y 26 en 2100.

Medidas de adaptación ante el cambio climático en los asentamientos humanos costeros

Las propias políticas derivadas del Esquema Nacional de Ordenamiento Territorial (IPF, 2018) para las transformaciones territoriales, constituyen en sí **medidas de adaptación** específicas para cada lugar y contexto. Estas medidas están dirigidas a regular el destino del suelo, la localización de las actividades productivas y no productivas, la organización territorial del sistema de asentamientos humanos, así como la gestión para la reducción del riesgo y la adaptación al cambio climático. Todo ello viabiliza la sinergia con el proceso de variabilidad del clima actual y los impactos esperados del cambio climático. Un resumen de dichas políticas se brinda a continuación:

- continuar la distribución racional de las instalaciones de servicios sociales y su recuperación constructiva para la elevación del nivel de vida de toda la población, con énfasis en la atención integral a grupos vulnerables en ambientes seguros;
- propiciar una distribución de la población que responda a las necesidades del desarrollo económico y a las potencialidades del territorio y, de ser necesario, intencionar migraciones hacia lugares que lo requieran, previéndose las condiciones para su asentamiento;
- fortalecer el funcionamiento del sistema de asentamientos humanos en sus tres niveles superiores (capital del país, ciudades principales y ciudades intermedias), con las jerarquías de servicios correspondientes y empleo diversificado, con accesibilidad adecuada para la población tributaria, mejorando su calidad de vida;
- garantizar la movilidad entre los diferentes niveles del Sistema de Asentamientos Humanos, mejorando el acceso de la población rural y los asentamientos urbanos de base con sus cabeceras municipales y el estado técnico de la vialidad automotor de interés nacional y provincial, priorizando la transportación pública de pasajeros que permitan salvar habitantes en exposición ante eventos severos;
- desarrollar estructuras urbanas compactas que garanticen el máximo aprovechamiento del potencial de crecimiento interno de las ciudades y demás asentamientos, incrementando las densidades y la utilización de las redes técnicas y los servicios;
- fomentar la recuperación e incremento del fondo habitacional para mejorar las condiciones de vida de la población;

- mejorar la imagen de los asentamientos actuales con diseños arquitectónicos y urbanos de calidad, integrados al entorno; con intervenciones que reflejen el espíritu local y universal con respeto a lo existente;
- reducir la vulnerabilidad de los territorios, asentamientos humanos, infraestructuras e instalaciones socioeconómicas, amenazados por sismos, eventos hidrometeorológicos extremos y la elevación del nivel medio del mar; y reubicar los 15 asentamientos amenazados con desaparecer de cara al 2050 por impacto del cambio climático y reasentar otros que sufren afectaciones permanentes o parciales, lo cual se corresponde con las acciones estratégicas de la Tarea Vida.

3.5.5 Diversidad biológica

En la actualidad, la diversidad biológica está recibiendo numerosas presiones, debido a la destrucción de los ecosistemas naturales o seminaturales, a la degradación, la pérdida y fragmentación de hábitats, la introducción de especies y la sobreexplotación de los suelos. A estas presiones se suma el cambio climático, que puede ocasionar grandes afectaciones a los ecosistemas naturales, no solo por la pérdida de especies, sino también modificando el comportamiento de ellas, reduciendo sus poblaciones y de esa forma facilitando la entrada de especies exóticas, produciendo cambios en la composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas.

Mediante el proyecto “Actualización de la Estrategia Nacional de Biodiversidad y Plan de Acción”, ejecutado por el Instituto de Ecología y Sistemática, se actualizó el Programa para la Diversidad Biológica de la República de Cuba para el período 2016-2020 (PNDB). En dicho proyecto, se tuvieron en cuenta los nuevos aspectos del plan estratégico del Convenio de Biodiversidad, los Lineamientos del Partido Comunista de Cuba para el desarrollo socio económico cubano y las Metas Aichi. Las principales acciones están enfocadas a abordar las causas subyacentes de la pérdida de la diversidad biológica, controlar las amenazas principales y promover la utilización sostenible, la promoción de la conservación de ecosistemas, paisajes, especies y genes, así como disminuir la degradación de hábitats, ecosistemas y paisajes, mediante la restauración/rehabilitación de ecosistemas, la reducción de la fragmentación, el incremento de la resiliencia, el mejoramiento de la provisión de bienes y servicios ecosistémicos y la adaptación al cambio climático.

El PNDB define 5 objetivos estratégicos generales, 20 metas nacionales, 118 acciones y los indicadores pertinentes. De las 20 metas nacionales estable-

cidas en este Programa, 7 están directamente vinculadas al enfrentamiento al cambio climático: **Meta 1**, alcanzar una mayor sensibilización de la sociedad sobre el valor de la diversidad biológica y sus servicios ecosistémicos; **Meta 3**, relativa a instrumentos económicos; **Meta 6**, que se corresponde con reducción de la contaminación ambiental a límites ecológicamente seguros para la salud humana, animal y vegetal, en específico incrementar el porcentaje de participación de las fuentes renovables de energía en la matriz energética nacional; **Meta 10**, para la reducción de las múltiples presiones antropogénicas sobre los arrecifes de coral, pastos marinos, manglares y playas, vulnerables al cambio climático; **Meta 14**, sobre restauración/rehabilitación de ecosistemas y Meta 18, para la transferencia de tecnologías.

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas es el eslabón principal de la conservación de los valores más importantes de la biodiversidad en Cuba. La totalidad de las 211 áreas que hoy posee el SNAP brinda una cobertura del 20.20% de la superficie total del archipiélago cubano y las especies y ecosistemas que están bajo esa cobertura son manejados de manera diferenciada en consecuencia con la categoría de manejo que posee cada área protegida.

Por otra parte, una gran contribución a la implementación del Programa Nacional de Diversidad Biológica y su Plan de Acción 2016-2020, lo constituye el Proyecto Internacional BIOFIN, que como Asistencia Técnica del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), comenzó en Cuba en el año 2016. Este proyecto es coordinado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (Citma) e integrado en su grupo coordinador por el Ministerio de Finanzas y Precios (MFP), Ministerio de Economía y Planificación (MEP), Banco Central de Cuba (BCC) y la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). El proyecto traza una estrategia de movilización de recursos a través de un Plan Financiero, en el que las metas para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad tengan un soporte efectivo. Bajo la instrumentación de esta iniciativa se han logrado resultados que tributan al enfrentamiento del cambio climático, como es el caso de la adopción de la Resolución No. 925 de 2018 del MFP, por la cual se ha puesto en vigor la Norma específica de contabilidad Medioambiental No. 11 para la estimación y registro de ingresos y gastos.

Diversidad terrestre

Se avanzó significativamente en los estudios del efecto del cambio climático en la distribución del potencial de especies de la biota terrestre cubana,

realizándose un detallado estudio del impacto del cambio climático sobre la distribución potencial actual y futura de la flora y la fauna de Cuba. Se obtuvieron modelos predictivos de la distribución potencial de 173 especies nativas y exóticas, y se hizo la evaluación de la representatividad del área de distribución potencial de las especies en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. (Mancina, 2018).

Para cada uno de los 10 modelos de circulación global (MCG) utilizados se emplearon dos valores de forzamiento radiactivo: 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 entre 37 y 63 % de las especies (en dependencia del escenario modelado) podrían incrementar su categoría de amenaza. 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.

Sin embargo, para cuatro especies invasoras modeladas: caracol gigante africano (*Achatina fulica*), la araña parda del Mediterráneo (*Cyrtophora citricola*), así como una rana (*Leptodactylus sp.*) y el conejo de florida (*Sylvilagus floridanus*), los modelos indican, contrario a lo que podría ocurrir en la biota nativa, una expansión de las AIC, facilitando su dispersión hacia gran parte del archipiélago cubano, incluidas áreas protegidas.

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 específicas en las AIC.

Se observó que, para todos los grupos analizados, las regiones montañosas son las que retendrán mayor riqueza de especies para el año 2050. Estas regiones podrían funcionar como refugios climáticos para un número significativo de especies. En el estudio realizado se brinda, para cada área protegida, los valores de riqueza potencial media actual y la pronosticada para los escenarios de cambio climático. (Figura 3.18).

Resultados similares obtuvieron Ferrás *et al.* (2018), para los mixomicetes, grupo peculiar de protistas, cuya distribución geográfica está fuertemente condicionada por las precipitaciones. Como resultado de la modelación, para

casi todas las especies, modelos y escenarios se obtiene una disminución de la distribución potencial hacia el año 2070 con relación a la actualidad, como consecuencia fundamentalmente de la reducción esperada de las precipitaciones en el período lluvioso.

Los resultados de estos estudios 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 como medida de adaptación ante el cambio climático.

A partir de los resultados del macroproyecto “Evaluación del impacto del ascenso del nivel del mar sobre la zona costera para los años 2050 y 2100”, se ha propuesto un índice de salud de los manglares (Menéndez, 2013), para el monitoreo del estado de conservación de estos ecosistemas y así poder evaluar la eficacia de las medidas de restauración que se emprendan.

Sobre el mapa de cobertura del ecosistema de manglar de la costa sur de las provincias Artemisa y Mayabeque, escala 1:25 000, se realizaron los análisis para determinar el índice cuantitativo de salud según la metodología propuesta por Oliveros (2015). Se actualizó el estado de salud del área de manglar mediante el monitoreo con sensores satelitales MODIS para el período 2000 al 2019 (López, 2019). Los resultados demuestran un aumento sostenido en ambas provincias del Índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI, en inglés), que se emplea para la determinación de la salud de los manglares). En el caso de Artemisa hay una caída brusca de este índice entre los años 2008 y 2009, a consecuencia de los daños provocados por los huracanes Gustav e Ike del 2008, que transitaron por el Caribe en septiembre y octubre, respectivamente. Sin embargo, se observó un rápido incremento en los años subsiguientes, lo que evidencia una alta capacidad de recuperación del ecosistema ante eventos extremos. (Figura 3.19).

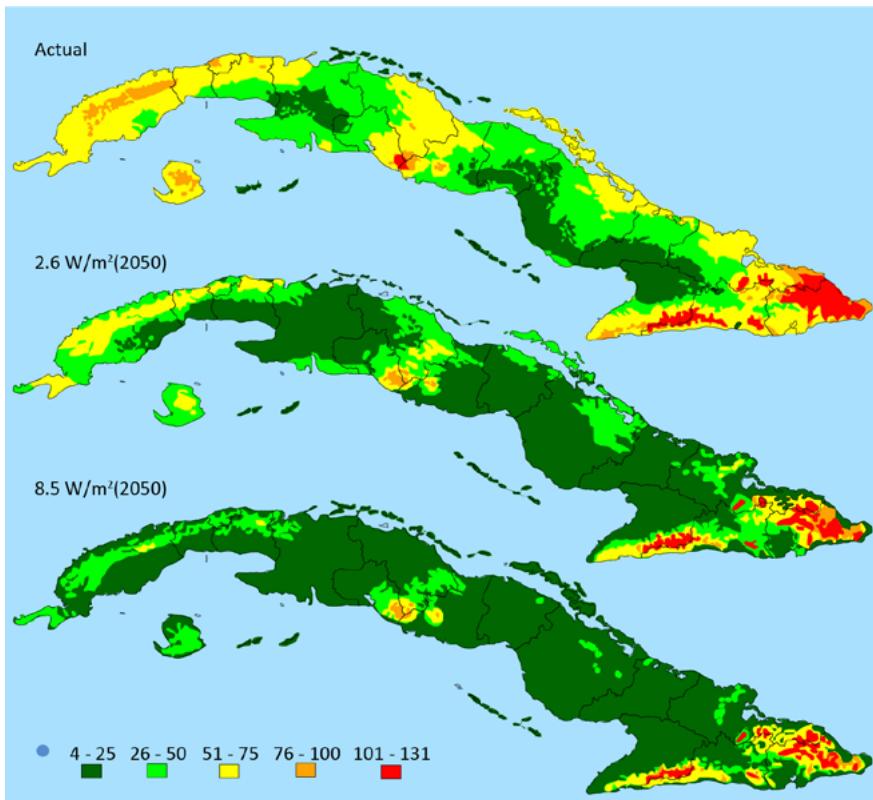


Figura 3.18 Distribución de riqueza potencial de especies: presente y 2050. Para dos escenarios de cambio climático en el año 2050. La escala de colores representa la cantidad de especies en una región dada. *Fuente: Mancina, 2018.*

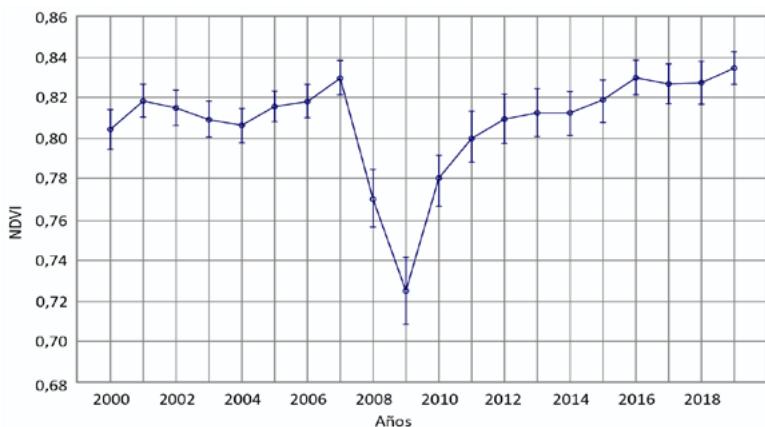


Figura 3.19 Índice de diferencia normalizada para vegetación. Provincia de Artemisa para los años 2000 al 2019.

Para la restauración de los manglares en Cuba se promueven acciones tanto legales como educativas y de rehabilitación, así como la incorporación del enfoque de adaptación basada en ecosistemas en los instrumentos de gestión de zonas degradadas al sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque, a niveles municipales y provinciales.

Para reducir la vulnerabilidad de las playas ante los impactos de eventos meteorológicos extremos y la elevación del nivel medio del mar, se han realizado acciones de restauración de la vegetación de dunas costeras, con la siembra de especies para que paulatinamente ocurra la colonización espontánea de la vegetación dunar. En las Playas del Este de La Habana se han restaurado un poco más de 1000 m de playas, poniendo a prueba exitosamente los resultados de investigaciones desarrolladas desde 2007 y de las experiencias de restauración ecológica destinadas a aumentar la resiliencia del ecosistema.

La validez de estos resultados fue demostrada tras el paso del huracán Irene en septiembre de 2017. La presencia de vegetación aumentó la resistencia de las dunas al embate de las olas, con lo que se evitó la inundación costera del reparto, lo que habitualmente ocurría en años anteriores a la restauración.

El análisis del efecto del oleaje sobre las caras frontales de las dunas en diferentes sitios a lo largo de las Playas del Este permite asegurar que la vegetación dunar, y sobre todo la que ha sido restaurada ecológicamente, impide o controla la erosión eólica que puede deformar las dunas. Esta vegetación dunar también se erige como elemento amortiguador de los efectos erosivos del oleaje e incrementa con ello la capacidad de las dunas costeras para absorber la energía que causa severos daños durante las tormentas tropicales a la infraestructura costera situada por detrás de las dunas.

Entre los estudios ecológicos aplicados a la adaptación al cambio climático en las actividades de conservación de la diversidad biológica cabe destacar el primer reporte sobre posibles impactos del calentamiento global sobre la germinación de árboles de un bosque húmedo tropical cubano (Sánchez y Pernús, inédito). En dicho estudio se presentan los resultados obtenidos en 60 especies arbóreas de un bosque siempreverde de la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario (RBSR).

Se identificaron 44 especies arbóreas sensibles al estrés calórico y solo 16 especies fueron tolerantes a la máxima condición de estrés. Las especies tolerantes al estrés calórico estuvieron representadas por los árboles pioneros (*Cecropia peltata*, *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra*, *Guazuma ulmifolia*, *Trema micranthum*, entre otras). Sin embargo, cabe señalar que 34 de las especies sensibles presentan algún tipo de dormancia (mecanismo o estrategia de germinación que minimiza

el riesgo de mortalidad de las semillas o plántulas). Por tanto, esta adaptación podría aminorar las condiciones adversas para la germinación en escenarios ambientales inducidos por el cambio climático. (Figura 3.20).

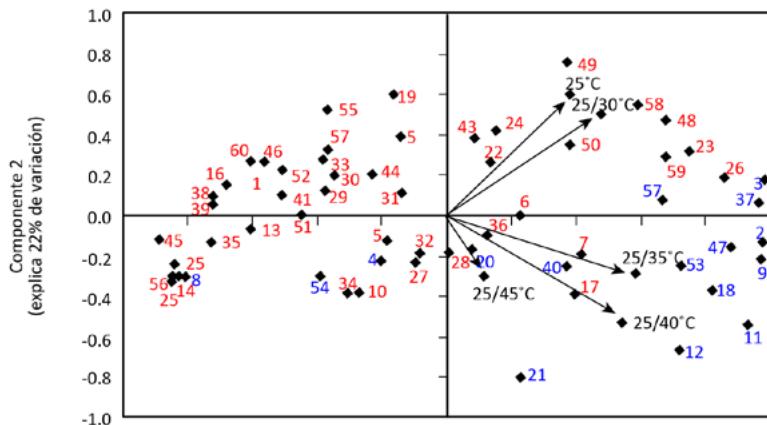


Figura 3.20 Relación de vectores de germinación y número de especies. Gráfico dual para vectores de germinación final en diferentes rangos de temperaturas y número de especies. Los números en color rojo corresponden a las especies sensibles al calor y en azul las tolerantes (Cuadros 3.6 y 3.7 para nombres de las especies por código numérico).

Cuadro 3.6 Nombre de las especies de árboles pioneros cubanos (Figura 3.20)

No.	Árboles pioneros
1	<i>Casearia sylvestris</i>
2	<i>Cecropia peltata</i>
3	<i>Cedrela odorata</i>
4	<i>Ceiba pentandra</i>
5	<i>Erythrina poeppigiana</i>
6	<i>Ficus aurea</i>
7	<i>Ficus maxima</i>
8	<i>Guazuma ulmifolia</i>
9	<i>Muntingia calabura</i>
10	<i>Talipariti elatum</i>
11	<i>Trema micranthum</i>
12	<i>Trichospermum lessertianum</i>
13	<i>Zanthoxylum martinicense</i>

Cuadro 3.7 Nombre de las especies de árboles no pioneros cubanos (Figura 3.20)

Árboles no pioneros			
14	<i>Adelia ricinella</i>	37	<i>Gliricidia sepium</i>
15	<i>Alchornea latifolia</i>	38	<i>Guarea guidonia</i>
16	<i>Allophylus cominia</i>	39	<i>Juglans jamaicensis</i>
17	<i>Andira inermis</i>	40	<i>Lysiloma sabicu</i>
18	<i>Bauhinia purpurea</i>	41	<i>Matayba oppositifolia</i>
19	<i>Beilschmiedia pendula</i>	42	<i>Nectandra coriacea</i>
20	<i>Bursera simaruba</i>	43	<i>Ocotea floribunda</i>
21	<i>Caesalpinia cubensis</i>	44	<i>Ocotea leucoxylon</i>
22	<i>Calophyllum antillanum</i>	45	<i>Oxandra lanceolata</i>
23	<i>Casearia guianensis</i>	46	<i>Picramnia pentandra</i>
24	<i>Chrysophyllum cainito</i>	47	<i>Poeppigia procera</i>
25	<i>Citharexylum spinosum</i>	48	<i>Pouteria dominicensis</i>
26	<i>Cojoba arborea</i>	49	<i>Prunus myrtifolia</i>
27	<i>Colubrina arborescens</i>	50	<i>Prunus occidentalis</i>
28	<i>Cordia collococca</i>	51	<i>Pseudolmedia spuria</i>
29	<i>Cupania americana</i>	52	<i>Psychotria grandis</i>
30	<i>Cupania glabra</i>	53	<i>Samanea saman</i>
31	<i>Cupania juglandifolia</i>	54	<i>Sapindus saponaria</i>
32	<i>Dendropanax arboreus</i>	55	<i>Schoepfia didyma</i>
33	<i>Diospyros caribaea</i>	56	<i>Sideroxylon foetidissimum</i>
34	<i>Ehretia tinifolia</i>	57	<i>Simarouba laevis</i>
35	<i>Elaeodendron attenuatum</i>	58	<i>Trichilia havanensis</i>
36	<i>Eugenia farameoides</i>	---	---
59	<i>Trichilia hirta</i>	---	---
60	<i>Wallenia laurifolia</i>	---	---

Diversidad marino-costera

Aunque la biodiversidad marina y costera es altamente vulnerable a los impactos del cambio climático alrededor de todo el territorio cubano, la región al sur del país resulta muy sensible debido al predominio de costas bajas y ecosis-

temas frágiles (humedales, bosques secos, pequeños cayos y numerosos arrecifes coralinos) y por estar expuestos a un impacto más frecuente de los huracanes.

La ejecución del proyecto de investigación “Evaluación de los impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad y desarrollo de estrategias de adaptación en dos regiones de ecosistemas frágiles de Cuba: CCambio” (Loza *et al.*, 2017), permitió la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de la biodiversidad marino-costera de dos geosistemas que forman parte de áreas protegidas en el sur de Cuba: Ciénaga de Zapata y Archipiélago Jardines de la Reina. En la Ciénaga de Zapata se observaron mayores cambios en los bosques y matorrales y menores cambios en avance y retroceso de la costa. En las crestas arrecifales y los arrecifes frontales del Golfo de Cazones y Jardines de la Reina se encontró que se encuentran bajo condiciones de estrés ambiental al presentar elevadas temperaturas de las aguas y una tendencia a la eutrofización por enriquecimiento de materia orgánica y amonio. Ambos arrecifes coralinos se han deteriorado durante el período 2001-2015.

Durante el período 2001-2015 se incrementó el blanqueamiento de los corales provocado por las altas temperaturas, lo que constituye una consecuencia evidente del cambio climático. Sin embargo, durante este período las mortalidades de corales y las enfermedades microbianas no incidieron significativamente en los arrecifes coralinos del golfo de Cazones ni del archipiélago Jardines de la Reina, corroborándose la tendencia que existe hacia la disminución de estos eventos. En este período la abundancia del erizo negro *D. antillarum* aumentó solo en las crestas arrecifales ubicadas más hacia el norte del golfo de Cazones, ratificándose que, en sentido general, sus poblaciones no han sido capaces de recuperarse totalmente del evento de mortalidad masiva acontecido en todo el Caribe en 1983-1984.

Las asociaciones de peces del golfo de Cazones y del archipiélago Jardines de la Reina se encuentran en malas condiciones. En la mayoría de sus arrecifes no han ocurrido grandes variaciones de la abundancia entre 2001 y 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 todos los arrecifes coralinos del golfo y del archipiélago se alejaron de las condiciones óptimas.

El impacto que produce el incremento de la temperatura superficial del mar sobre los arrecifes coralinos contribuye a su deterioro. Se espera que el incremento de la temperatura asociado al cambio climático continúe afectando a los arrecifes coralinos.

Para evaluar sistemáticamente este impacto esperado en los arrecifes coralinos de Cuba, se promueve la Red de monitoreo voluntario de blanqueamiento e incidencias ambientales en arrecifes coralinos “Pedro Alcolado in memoriam”, que funciona en el país hace casi dos décadas; elaborada y promovida por el proyecto GEF/PNUD “Evaluación de la biodiversidad en el archipiélago Sabana-Camagüey” (www.proyesc.cu), que ha permitido elaborar mapas y evaluaciones anuales del blanqueamiento a nivel nacional. El reporte del año 2016 de esta red indica que el blanqueamiento de corales varió entre nulo y alto, con una manifestación marcadamente inferior en comparación con 2015, que también fue mayor al del año 2014. (Figura 3.21).

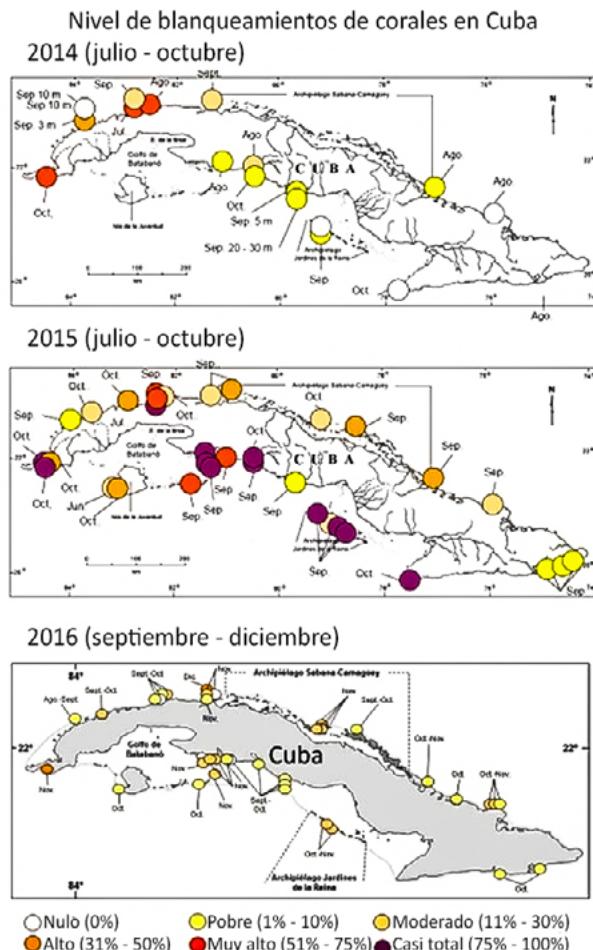


Figura 3.21 Nivel de blanqueamiento de corales en Cuba, según reportes anuales de los años 2014, 2015 y 2016. Fuente: Red de monitoreo voluntario de alerta temprana de blanqueamiento coralino.

En dicho reporte, se señala que predominaron los niveles bajo (26 reportes) y moderado (17 reportes), ambos repartidos a lo largo del norte y el sur de Cuba. El nivel alto solo fue reportado en el norte de Matanzas (Faro Maya) y en la Ensenada de Guanahacabibes (en esta última con gran predominio de corales pálidos), mientras que únicamente registraron cuatro casos de nivel nulo (dos en La Habana, Varadero y costado este de la Bahía de Cochinos). En resumen, 61.2 % de los reportes correspondieron a niveles de blanqueamiento por debajo de 10 %. La mortalidad reciente fue inferior a 10 % en 85 % de los reportes sobre este indicador.

Aunque el reporte del año 2019 se encuentra en elaboración, los informes de los miembros voluntarios de la red indican que al parecer el blanqueamiento ha sido muy intenso producto de las elevadas temperaturas que azotaron el Mar Caribe ese año.

Por otra parte, en los últimos años se han venido presentando fenómenos inusuales en las costas de Cuba como las mareas rojas y las arribazones de sargazos, que también se asocian a los impactos del cambio climático. Ambos eventos, que aparecen de forma esporádica e inesperada, se vinculan al calentamiento global e incremento de la temperatura superficial del mar y al cambio en las corrientes marinas que arrastran nutrientes y contaminantes acumulados en cantidades también inusuales por la deforestación o por eventos meteorológicos extremos. La combinación de los cambios mencionados provoca el incremento de las micro y macroalgas marinas que conforman las mareas rojas y arribazones de sargazos respectivamente, provocando daños considerables en los ecosistemas afectados.

El monitoreo y vigilancia de estos eventos también se incorpora a los planes de adaptación al cambio climático por el impacto negativo que provocan no solo a la diversidad biológica marina y costera y a la salud humana, sino también los servicios ecosistémicos que esta presta en sectores de gran importancia como la pesca y el turismo en Cuba.

Impactos del cambio climático en la diversidad biológica:

- pérdida del hábitat costero por el aumento del nivel del mar y el incremento de eventos meteorológicos extremos;
- muerte de corales por el aumento de la temperatura superficial del mar;
- disminución de las poblaciones de peces arrecifales como resultado de la degradación del hábitat;

- cambios en la composición y abundancia del fitoplancton que produce transformaciones en el resto de los componentes de la cadena trófica;
- incremento de las mareas rojas y las arribazones de sargazos;
- degradación de los ecosistemas de manglar, pastos marinos y costas arenosas por pérdida de cobertura, ocasionando la pérdida de sus funciones protectoras y en consecuencia un mayor impacto del incremento del nivel del mar y los eventos extremos en las comunidades costeras y tierras agrícolas;
- disminución de la captación de carbono atmosférico en los principales ecosistemas por reducción de su área;
- reducción del hábitat de numerosas especies como consecuencia de la pérdida del área de idoneidad climática;
- pérdida de la diversidad genética, fundamentalmente de especies endémicas y amenazadas como consecuencia de la pérdida y fragmentación del hábitat;
- reducción cuantitativa y cualitativa de los servicios ecosistémicos que brinda la diversidad biológica;
- dispersión de especies exóticas invasoras, como consecuencia de la transformación de los ecosistemas y reducción de la diversidad nativa;
- alteración del balance de carbono en los ecosistemas como consecuencia de la degradación de los bosques y alteración del régimen hídrico en agroecosistemas y humedales.

Medidas de adaptación ante el cambio climático en la diversidad biológica

En Cuba la adaptación en la diversidad biológica significa, en primer lugar, devolver la funcionalidad plena de los ecosistemas marino-costeros y terrestres como defensa natural y comprobada ante las amenazas asociadas al cambio climático y preservar los bienes y servicios ecosistémicos que estos brindan al hombre. Las principales medidas propuestas son:

- promover medidas de conservación de especies, hábitats y ecosistemas;
- elaborar y controlar planes de manejo sostenible de los principales recursos pesqueros y orientar su explotación según compatibilización de intereses de los sectores agrícola, hídrico, turístico, de transporte y alimentario;
- estudiar y ofrecer alternativas para la pesca de subsistencia en las comunidades costeras;

- profundizar en las alternativas para implementar el manejo basado en ecosistemas y el planeamiento espacial marino como herramienta para el desarrollo sostenible en Cuba;
- realizar acciones de rehabilitación ecosistémica, que incluyan la construcción artificial de viveros de diferentes especies de mangle, de corales como *Acropora palmata* y fomentar el cultivo de peces depredadores, como los pargos y meros y otros organismos marinos, que contribuyan al control biológico de especies exóticas e invasoras en Cuba;
- promover la conservación y utilización por los seleccionadores de los recursos genéticos emparentados con especies cultivadas, fundamentalmente endémicas, como contribución a la seguridad alimentaria;
- promover la cuantificación de los bienes y servicios que nos brinda la diversidad biológica, para alertar sobre las pérdidas que ocasionan su deterioro y el beneficio económico que brinda su conservación o uso sostenible;
- incrementar las bases de información sobre la diversidad biológica y de las características del ambiente en que se desarrollan, así como completar los inventarios de los recursos biológicos, al constituir las bases fundamentales para el desarrollo de las investigaciones para conocer el impacto del cambio climático sobre la misma;
- realizar estudios ecológicos, fisiológicos y biogeográficos aplicados a la adaptación al cambio climático en las actividades de conservación, agricultura y forestal.

3.5.6 Salud humana

En los últimos 30 años se han desarrollado en Cuba importantes investigaciones sobre el impacto de la variabilidad y el cambio climático en la salud humana. En las primeras dos décadas, dichas investigaciones estuvieron dirigidas a evaluar la carga de morbilidad atribuible a la variabilidad y al cambio climático sobre las enfermedades y no sobre los agentes. En la última década se han dedicado los esfuerzos a la atribución de los efectos del clima sobre el cambio de los patrones de los agentes virales y bacterianos, causantes de las enfermedades infecciosas, lográndose así una mejor comprensión de los efectos del clima sobre las enfermedades infecciosas y los cambios en su morbilidad.

Se han desarrollado indicadores climáticos para los estudios con virus y bacterias, así como modelos para la predicción de su comportamiento en función de las variaciones del clima (Ortiz *et al.*, 2017; Vega *et al.*, 2017; Vega

et al., 2018). Los resultados de los estudios realizados por el Centro del Clima del Instituto de Meteorología, de conjunto con los institutos nacionales de Medicina Tropical y de Higiene y Epidemiología, han permitido evaluar los efectos potenciales de la variabilidad y el cambio climático sobre la salud de la población cubana y describir las medidas de adaptación basadas en la aplicación de proyecciones del clima para prevenir brotes de enfermedades. Los análisis de las asociaciones entre anomalías climáticas y patrones de enfermedades han resaltado la vulnerabilidad a la variabilidad climática. (Ortiz *et al.*, 2010, 2015).

Cuba ha incorporado el vínculo entre los determinantes generales de la salud, el medio ambiente y el cambio climático en su Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático denominado Tarea Vida. Su enfoque es integrador y considera el marco de salud pública y su relación con todos los sectores de la economía, apoyado por mecanismos de gobernanza, como expresión de la voluntad política existente al más alto nivel de dirección del país.

En consonancia con el Plan de Estado, el Ministerio de Salud Pública (Minsap) ejecuta un plan nacional de enfrentamiento al cambio climático, que comprende 47 actividades, que involucran las áreas de salud ambiental, epidemiología, control de vectores, ciencia e innovación tecnológica, docencia médica, comunicación e inversiones, así como universidades y centros de investigación.

Como resultado de las investigaciones y los estudios realizados en Cuba, se identificaron las principales enfermedades infecciosas (trazadoras) producidas por virus y bacterias sensibles al clima y que presentan una elevada vulnerabilidad a las variaciones y cambios del clima; entre las que se encuentran las enfermedades diarreicas bacterianas, las infecciones respiratorias agudas (IRA) y el dengue; así como también las enfermedades crónicas no transmisibles como las cardiovasculares (infarto agudo de miocardio y accidente cerebro vascular).

Enfermedades infecciosas

Carga de las enfermedades diarreicas agudas (EDA)

Muchas enfermedades infecciosas son sensibles al clima, especialmente aquellas causadas por patógenos que sobreviven en el medio ambiente. Las enfermedades diarreicas son causadas por numerosos patógenos diferentes, cada uno de los cuales puede presentar diferentes respuestas a las condiciones am-

bientales. Una de las principales fuentes de incertidumbre en el impacto del clima sobre la diarrea, probablemente sea la respuesta diferencial de los diferentes agentes etiológicos.

Diversos autores asocian la incidencia de la EDA con la temperatura ambiente, las fuertes lluvias y las inundaciones (Levy, 2017). Las condiciones climáticas que determinan la temperatura ambiente y los patrones de precipitación, pueden influir en la transmisión de *Escherichia coli*. En áreas tropicales, *Escherichia coli* y *Salmonella* causan diarrea en el verano, principalmente en niños. Los receptores de células intestinales, la acidez y el estado inmunológico del estómago, son factores predisponentes del huésped, que se determinan por falta de inmunoglobulinas presentes en la mucosa intestinal y que ingresan al cuerpo del niño a través de leche materna. (Velayati *et al.*, 1987).

En Cuba, en el año 1959, las enfermedades diarreicas agudas eran la primera causa de mortalidad infantil y la quinta causa de mortalidad en la población total. La gastroenteritis sigue siendo una causa importante de morbilidad en lactantes y niños pequeños, de ellos una gran proporción acuden a los servicios de salud por presentar episodios graves (Ribas *et al.*, 2015). Trabajos realizados en la última década en Cuba sugieren que *Escherichia coli* constituye una causa frecuente de EDA en el país. (Águila *et al.*, 2007; Bernedo, 2008).

Carga de las infecciones respiratorias agudas (IRA)

Las IRA son una de las causas principales de morbilidad y mortalidad en todo el mundo, principalmente en niños pequeños y en pacientes con edad avanzada e inmunodeprimidos. También contribuyen con una gran carga a los sistemas de salud respecto a la asistencia médica y las admisiones hospitalarias. De acuerdo con el estudio de carga mundial de la enfermedad en 2010, las IRA fueron la cuarta causa de mortalidad, con más de 2 millones de muertes anualmente a nivel mundial (Lozano *et al.*, 2012). Entre niños menores de cinco años y ancianos, las IRA fue la causa de muerte principal en el 2016. (WHO, 2018).

En Cuba, como país tropical, las IRA también contribuyen con una gran carga de atenciones médicas al sistema nacional de salud (SNS). Durante el período 2011-2017, Cuba reportó un promedio anual de 6 354 971 de atenciones médicas por IRA (AM-IRA). Medio millón de AM-IRA es informado mensualmente todos los años. Se han llevado a cabo algunos estudios recientes que describen el comportamiento estacional de la influenza y el virus sincitial

respiratorio (VSR), así como su relación con la variabilidad del clima (Durand *et al.*, 2016; Vega *et al.*, 2017; Ortiz *et al.*, 2017). Se evidencia una significativa influencia de la variabilidad climática sobre la carga de AM-IRA en Cuba y la contribución de los VSR y la influenza, aunque no es la única causa.

Carga del dengue

El dengue es actualmente la principal enfermedad viral transmitida por artrópodos en términos de morbilidad y mortalidad. Los virus del dengue son transmitidos principalmente por *Aedes aegypti* (Ae) y en menor cuantía por *Aedes albopictus*. La mayoría de las infecciones son asintomáticas. Las infecciones sintomáticas pueden ser ligeras o graves y estas últimas pueden conducir a la muerte. La distribución geográfica del dengue refleja en gran medida la distribución del vector. La expansión geográfica y magnitud de la enfermedad en las últimas décadas ha ido paralela al rápido crecimiento poblacional, la urbanización no planificada y el incremento sin precedentes de la movilidad de la población. (Guzmán *et al.*, 2016).

En los últimos años, debido a su rápido incremento, expansión geográfica y aumento de la frecuencia de epidemias, el dengue se ha convertido en un importante problema de salud en la región de las Américas (OPS-OMS, 2018). En Cuba, aunque se ha mantenido controlado, no deja de ser también un problema.

Durante la segunda mitad del siglo pasado, Cuba reportó tres grandes epidemias de dengue (Tabla 3.11). La primera de ellas causada por el dengue 1 en 1977. Cuatro años después se produce la primera epidemia de fiebre hemorrágica de dengue en las Américas causada por el serotipo 2. Dieciséis años más tarde se produce una epidemia localizada en el municipio de Santiago de Cuba, también producida por este último serotipo. En el presente siglo, se reportó una epidemia de dengue 3 en La Habana en junio de 2001. En el segundo semestre del año 2006 se reportó la circulación de los virus dengue 3 y 4, manteniéndose una transmisión periódica de estos virus en algunas áreas y municipios. Esta situación se mantuvo en ascenso, reportándose los mayores registros, tanto en extensión geográfica como en intensidad, a partir de 2013, donde se detecta la circulación de los 4 serotipos. (Guzmán *et al.*, 2016).

Tabla 3.11 Epidemias de dengue en Cuba según año, serotipo, número de casos y cuadro clínico

Año y serotipo	Provincias afectadas	Casos	Cuadro clínico
1977 Dengue 1	El país completo	Más de 400 000	Fiebre dengue
1981 Dengue 2	El país completo	340 000	Fiebre dengue y fiebre hemorrágica de dengue
1997 Dengue 2	Municipio Santiago de Cuba	5000	Fiebre dengue y fiebre hemorrágica de dengue
2001 Dengue 3	Varias provincias, predominando La Habana	Cerca de 15 000	Fiebre dengue y fiebre hemorrágica de dengue
2006 Dengue 3 y 4	Varias provincias	No reportado	Fiebre dengue y fiebre hemorrágica de dengue
2007/2014 Para finales de 2013 circulación de los 4 serotipos	Brotes y epidemias en varias provincias	No reportado	No reportado

El clima es un determinante importante de la distribución espacio-temporal del dengue. Diferentes estudios han examinado el tema; sin embargo, muchas de estas investigaciones se limitan al estudio de la variabilidad climática sobre la transmisión de dengue y obvian la importancia de factores sociodemográficos, económicos, ambientales, entomológicos, inmunológicos y virales. Se conoce que las temperaturas elevadas incrementan la velocidad de desarrollo de las larvas y consecuentemente del mosquito adulto, pudiendo conducir a un incremento en la velocidad de picada y de la velocidad de replicación del virus en el mosquito (PIE), lo que conlleva a que los vectores se vuelven infectivos antes y piquen más frecuentemente. La variabilidad en la lluvia influye en la disponibilidad de sitios de cría del vector y consecuentemente en la abundancia del mismo. La humedad influye en la vida media del vector y potencialmente en la transmisión.

Impactos observados en el período 2010-2017 en la salud humana en las enfermedades infecciosas

Como resultado de un incremento en las temperaturas y totales acumulados de precipitaciones inferiores a los valores normales, se crean condiciones favorables para virus y bacterias causantes de enfermedades infecciosas como las EDA, IRA y el Dengue. (Tabla 3.12).

Enfermedades no transmisibles

Las enfermedades no transmisibles son multicausales y multifactoriales. Son de larga duración y por lo general evolucionan lentamente. Entre las principales causas de muerte se encuentran las enfermedades cardiovasculares (accidente cerebrovascular e infarto de miocardio), el cáncer, las enfermedades respiratorias crónicas (enfermedad pulmonar obstructiva crónica y el asma) y la diabetes.

La tasa de mortalidad por enfermedades no transmisibles en Cuba es la más elevada, con 731.4 defunciones por cada 100 000 habitantes. El cuadro de morbilidad y mortalidad en el país, presenta una tendencia al aumento desde hace más de 10 años. Las enfermedades del corazón se encuentran entre las 10 primeras causas de muerte, con una tasa de 217.7 por 100 000 habitantes.

Los tumores malignos tienen una tasa de 216.3 por 100 000 habitantes. Ambas causas explican 49.1 % del total de las defunciones del año 2016.

Sin embargo, son pocos los estudios que la relacionan con la variabilidad climática. Los hábitos, estilos de vida, su comportamiento, además de los cambios de tiempo, el clima y otros componentes del medio ambiente ejercen presiones sobre el individuo y pueden llegar a originar serios problemas de salud.

Investigaciones realizadas evidencian la influencia directa de los elementos del clima sobre la mortalidad cardiovascular y cerebrovascular. El aumento de la mortalidad es un fenómeno reconocido en numerosos estudios en Cuba y en el mundo, el cual revela a la temperatura como principal elemento climático causante del estrés fisiológico. (Rivero, 2008; Lecha *et al.*, 2015).

Se observa un aumento del Infarto agudo de miocardio (IMA) en los meses del período poco lluvioso (noviembre-abril), con mayor incremento en enero, noviembre y diciembre y con aumento del riesgo en los meses de junio-agosto. En lo que respecta a los accidentes cerebrovasculares (AVE), se observa un aumento del riesgo en los meses del período poco lluvioso que coincide con el invierno y un ligero incremento en el verano.

La influencia del patrón estacional climático sobre el comportamiento del IMA, está asociado a la mayor mortalidad en los meses del período poco lluvioso (noviembre-abril) alcanzando su pico máximo en enero (Figura 3.22),

caracterizado por condiciones climáticas más frías y secas con mayores contrastes térmicos y altas presiones combinadas con alta variabilidad del clima respecto al período lluvioso (mayo-octubre).

En la temporada lluviosa se observa un máximo relativo de la mortalidad de junio a agosto, representado por condiciones climáticas más secas, extremadamente cálidas y menos contrastantes o variables, aumento relativo de la presión atmosférica asociada al fortalecimiento del anticiclón oceánico. En los meses de transición (abril y noviembre) entre ambos períodos no se observan cambios notables en el comportamiento de la mortalidad lo cual pudiera estar condicionado por la expansión de los meses de verano favoreciendo a la baja.

Tabla 3.12 Impactos en el comportamiento de virus y bacterias causantes de enfermedades infecciosas. Cuba: 2010-2017

Enfermedades Infecciosas	Asociación con el clima	Efectos observados relacionados con el clima
IRA Causadas por los virus sincitial respiratorio y virus influenza	Clara y Fuerte. Períodos muy húmedos, altas temperaturas y baja luminosidad	Tendencia al aumento, con ciclos de 2 años, y una fuerte influencia estacional, para el caso de la influenza (junio-agosto) con corrimiento, pico máximo en julio aunque se corre a agosto, mientras que para el virus sincitrial se enmarca su alza en los meses de septiembre-noviembre, con pico en octubre
EDA Causadas por enteropatógenos bacterianos (Salmonella y Escherichia coli)	Clara y Fuerte en ambos agentes. Períodos cálidos y húmedos	Efecto estacional sobre los picos en el período poco lluvioso (febrero-marzo) y comienzo del mismo, donde se presentan condiciones menos húmedas y temperaturas más elevadas, lo que favorece la presencia de bacterias, y el segundo momento caracterizado por altas temperaturas, precipitación combinada con alta humedad (mayo-octubre), condiciones muy favorables para que las bacterias colonicen los alimentos pues aceleran su reproducción
Dengue	Clara y fuerte en cuanto al vector, al Índice Breteau. Clara y moderada en cuanto al Índice Casa. Débil en cuanto al tipo de virus a circular	Tendencia al aumento, efecto estacional, con epidemias más frecuentes y corrimiento del patrón estacional. Pico de agosto-septiembre pasa a octubre-noviembre. Nueva alza estacional en marzo-abril, asociada a condiciones menos frías; es decir, la tendencia a ser más cálidos los períodos invernales favorece las altas poblaciones de Aedes

Infarto agudo de miocardio (IMA)

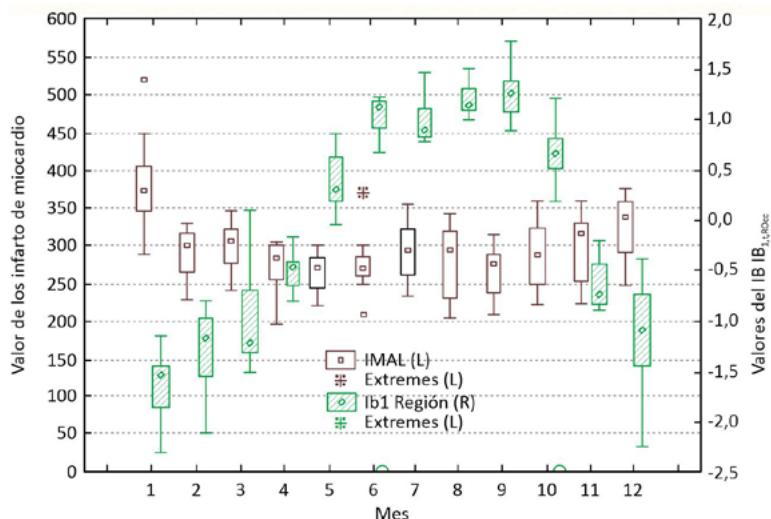


Figura 3.22 Patrón estacional de defunciones por IMA. Relación con la variabilidad climática (IB1, t, ROcc). Período 2001-2016.

Accidente vascular encefálico

El accidente cerebrovascular (ACV) o accidente vascular encefálico (AVE o ictus) se clasifica en dos subtipos: isquémico y hemorrágico. Estos se caracterizan por una deficiencia neurológica focal de comienzo repentino, como si el paciente fuera “derribado por un rayo”. El AVE es llamado también apoplejía o ictus, siendo la hipertensión arterial el factor de riesgo número uno. Es una enfermedad que afecta los vasos sanguíneos que riegan el cerebro. Del total de ictus o AVE, 20 % morirá en los siguientes 28 días al debut y el resto tendrá limitación motora al final del primer año. (Harrison, 2009).

Entre los principales factores de riesgo se encuentran los hábitos y estilo de vida no saludable, tener sobrepeso u obesidad, el hábito de fumar, consumir alcohol en exceso y drogas, abundante grasa o sal. La hipertensión arterial (HTA) es el factor de riesgo número uno para el AVE, además de la influencia del medioambiente en el cual se incluye la atmósfera que al ejercer presiones sobre el cuerpo humano conlleva a una respuesta de adaptación que, de ser positiva, mantiene buen estado de salud y en caso contrario provocaría la enfermedad llegando a ocasionar la muerte en algunos casos.

Encontrar las asociaciones entre los indicadores de salud y poder describir estas desde la variabilidad del clima, permite alertar anticipadamente a los tomadores de decisiones de los potenciales peligros climáticos.

La mortalidad por AVE refleja una estacionalidad bien definida. El período invernal representa los meses de mayores defunciones, sobre todo, en el mes de enero. Los meses de febrero y diciembre constituyen los picos secundarios de defunciones en este período. Los meses restantes tienen un comportamiento similar entre ellos, siendo abril el de más bajo número de defunciones. En el verano o período lluvioso los meses tienen poca diferencia entre sí, aunque mayo, agosto y octubre presentaron los valores más altos de mortalidad. Con esto se evidencia el carácter estacional de la mortalidad por AVE. (Figura 3.23).

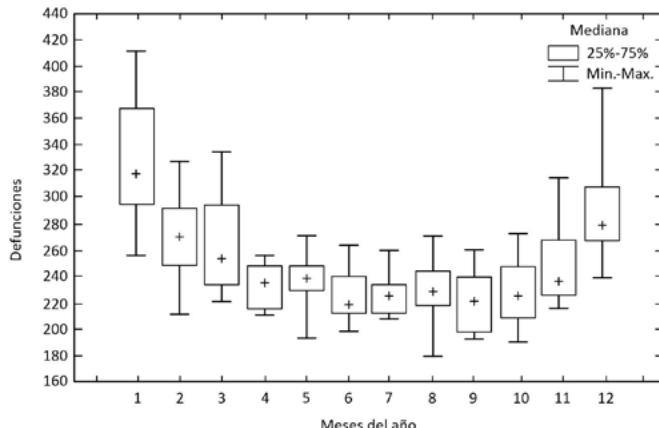


Figura 3.23 Patrón estacional de defunciones mensuales por AVE. Región occidental de Cuba.

Impactos previstos del cambio climático en la salud humana para las enfermedades infecciosas

Para el análisis de los impactos futuros en el sector de la salud humana, las proyecciones a considerar en el alcance temporal de los escenarios no deben ser muy lejanas, debido a que las políticas de este sector se trazan para períodos entre 10 y 20 años. Por tanto, se escogieron los años 2030, 2040 y 2050, con el fin de ser aplicados en las políticas, tanto para la adaptación, como para la prevención de riesgos.

En la generación de las proyecciones, se dispuso de las variables temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación de las salidas del

modelo regional PRECIS con los escenarios de concentraciones representativas RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5. Con estos datos se conformaron las series temporales, que luego alimentaron las ecuaciones de los índices climáticos de Bultó para formular los modelos que permiten simular las anomalías de la variabilidad y los cambios del clima que pueden afectar la salud humana, para describir las relaciones entre el clima y las enfermedades. Una descripción exhaustiva de los principios metodológicos para la evaluación del impacto de la variabilidad y el cambio climático en la salud humana aparece en Ortiz (2001).

Los cuadros 3.8 y 3.9 muestran los impactos proyectados en Cuba para las enfermedades infecciosas causadas por virus y bacterias, según los escenarios RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5.

Cuadro 3.8 Impactos proyectados para los virus y bacterias causantes de enfermedades infecciosas. Período 2020-2030, escenarios RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5

Enfermedades Infecciosas	Impactos proyectados
IRA Causadas por los virus sincitial respiratorio y virus influenza	Nuevas epidemias con picos en el período lluvioso. Aumento del riesgo en niños y en adultos mayores, teniendo en cuenta las tendencias demográficas
EDA Causadas por enteropatógenos bacterianos (Salmonella y Escherichia coli)	Incremento en los meses de la temporada poco lluviosa y en el período lluvioso desde agosto hasta octubre
Dengue	Incremento de los casos y variación de la tendencia, con aumento en los meses del período lluvioso. (Con un alza significativa en los bimestres junio-julio y septiembre-octubre) y una ciclicidad de brotes epidémicos cada dos años y medio

Como resultado de las proyecciones climáticas y de las salidas de los modelos, se evidencia que el nivel de respuesta en cada uno de los virus causantes de las enfermedades infecciosas es diferente, observándose que la magnitud de los impactos varía de una enfermedad a otra mostrando las diferencias de sensibilidad al clima de los distintos problemas de salud. Sin embargo, lo que sí es

similar para todas las enfermedades estudiadas es la modificación de los patrones de alza estacional. Por otro lado, el hecho de que los inviernos se hagan más cálidos y húmedos, propician condiciones ambientales favorables para la circulación de agentes bacterianos, virales y el aumento de la susceptibilidad en la población.

Cuadro 3.9 Impactos proyectados para virus y bacterias a mediano y largo plazos, causantes de enfermedades infecciosas, según los escenarios RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5. Mediano plazo (2030-2040) y largo plazo (2040-2050)

Enfermedades Infecciosas	Impactos proyectados
IRA Causadas por los virus sincitial respiratorio y virus influenza	Epidemias más intensas con picos en el período lluvioso. Aumento del riesgo en niños y en adultos mayores, teniendo en cuenta las tendencias demográficas (mediano plazo)
EDA Causadas por enteropatógenos bacterianos (Salmonella y Escherichia coli)	Incremento en los meses de la temporada poco lluviosa y en el período lluvioso desde agosto hasta octubre. Tendencia al aumento de los brotes (mediano y largo plazos)
Dengue	Expansión geográfica y temporal, con aumento de la enfermedad y desplazamiento del pico a meses del período poco lluvioso acompañando de la co-circulación de tres serotipos (mediano y largo plazos)

Medidas de adaptación ante el cambio climático en la salud humana para las enfermedades transmisibles y no transmisibles:

- crear el observatorio de salud-variabilidad y cambio climático en Cuba, como herramienta de análisis, diagnóstico, evaluación e investigación continua de los efectos de la variabilidad y el cambio climático en la salud ante un clima cambiante;
- desarrollo de planes de actuación en salud pública basados en sistemas de alerta temprana que permitan la identificación de situaciones de riesgos asociados a la variabilidad del clima y el cambio climático y actuar antes de que estas se produzcan;
- desarrollo de programas de vigilancia y control específicos de los agentes y enfermedades vinculadas a la variabilidad y el cambio climático;

- desarrollo de actividades dirigidas a aumentar la concientización y participación ciudadana en todas las actividades relacionadas con la variabilidad y el cambio climático y sus implicaciones en la salud humana con énfasis en las enfermedades infecciosas trazadoras en el país;
- aplicar enfoques intersectoriales y multidisciplinarios para fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica existentes, perfeccionar los servicios de promoción en salud y prevención de enfermedades desde la atención primaria con participación comunitaria e individual;
- mejorar la comunicación y la coordinación adecuada de los servicios de cuidado preventivo para pacientes con enfermedades infecciosas y crónicas entre los diferentes niveles del Sistema de Salud.

3.5.7 Turismo

La isla de Cuba, al igual que las demás pequeñas islas del Caribe, es muy vulnerable a los efectos del cambio climático, particularmente al incremento del nivel del mar y los eventos extremos. La Segunda Comunicación Nacional estableció como zonas vulnerables, a los sistemas litorales y los recursos marinos, siendo las de mayor vulnerabilidad las costas bajas y de pendiente suave, en las cuales se encuentran ausentes o deteriorados los sistemas naturales protectores como los manglares y las barreras coralinas (Planos *et al.*, 2013). El mayor desarrollo de la actividad turística en Cuba, está ligado, precisamente, a la zona costera y sus recursos marinos.

Para los decenios venideros el cambio climático afectará el desarrollo y la gestión del turismo en el litoral (La O y Salinas, 2011). Para el turismo cubano se considera como principales vulnerabilidades las relacionadas con el ascenso del nivel medio de mar y la influencia de ciclones tropicales.

Vulnerabilidades e impactos por ascenso del nivel medio del mar

Las playas arenosas presentan importantes afectaciones determinadas por su erosión. Este es un fenómeno generalizado en el archipiélago cubano, ocurriendo a un ritmo estimado de retroceso de la línea de costa de 1.2 m/año, aunque existen reportes superiores a 2.5 m/año en varios sitios del país. Actualmente, el litoral concentra 45.5 % de las 382 instalaciones de alojamiento y 73.3 % de las 66 547 habitaciones de que dispone el país.

Los litorales más afectados entorno al 2050 se concentran en los siguientes tramos:

- Artemisa-Matanzas en el litoral norte. Podrían verse afectadas 10 181 habitaciones (de ellas 9 781 en hoteles 5 estrellas), con pérdidas en el orden de los 2 467 440 miles de pesos moneda total.
- Artemisa a Camagüey en el sur, incluyendo la costa norte de la Isla de la Juventud. Se prevé afectaciones en 6552 habitaciones (de ellas, 6342 en instalaciones con categoría 5 estrellas), con montos de inversiones asociados a los 2 663 665 miles de pesos moneda total.

Vulnerabilidades e impactos por afectaciones de ciclones tropicales

Tomando como referencia las trayectorias de ciclones tropicales en el período 1851-2017, se determinaron las áreas de mayor concentración de estas, reconociéndose que se extienden desde el Caribe Insular hacia el golfo de México, y se concentran especialmente en las Islas Bahamas, el sur de la Florida, el golfo de México, el Estrecho de Yucatán y el oriente y sur de las Antillas Mayores.

En el entorno del archipiélago cubano, las zonas con más probabilidad de ser afectadas por ciclones tropicales, en la temporada de junio a noviembre, se concentran en la región occidental del país, con aproximadamente 68 % de probabilidades. Las provincias de Pinar del Río, Artemisa, Mayabeque y La Habana y el municipio especial Isla de la Juventud están contenidas en las zonas con los valores de probabilidad más altos. Los territorios de preferente uso turístico que comprenden estas provincias y el municipio especial están más expuestos a ser afectados, principalmente la Península de Guanahacabibes, Viñales-San Diego-Sierra de Rosario en Pinar del Río, así como La Habana, la Isla de la Juventud, Varadero y la zona más occidental de la Ciénaga de Zaña. Estas provincias incluyen importantes desarrollos turísticos proyectados al 2030, destacándose los destinos turísticos ubicados en las provincias de Pinar del Río, La Habana, y el oeste de Matanzas. Es significativo el aumento de habitaciones previsto para la porción más occidental de la provincia Pinar del Río, que acogerá 54 472 nuevas habitaciones, vinculadas fundamentalmente al desarrollo inmobiliario, las cuales se localizan en territorios con alta probabilidad de afectaciones por huracanes, aun cuando los incrementos previstos en el nivel medio del mar son inferiores a la media para esta zona.

Las regiones turísticas, ubicadas en la región central y oriental de Cuba, presentan valores de probabilidad de ser afectadas de 24 %, aunque valores inferiores (8 % de probabilidad) se registran para las provincias de las Tunas, así como el sureste de Camagüey y la región más oriental de Guantánamo,

principalmente Baracoa y la Punta de Maisí, siendo estas áreas las de menor desarrollo turístico en la actualidad.

En estas zonas se incluyen el norte de Villa Clara con la cayería de Santa María, Ensenachos, Las Brujas, Sagua la Grande y Caibarién; en Cienfuegos y Sancti Spíritus, las áreas que comprenden la región de la costa sur central como Playa Ancón, Topes de Collantes, Trinidad y Cienfuegos; y en Ciego de Ávila con los Jardines del Rey, formada por los cayos Coco, Guillermo y Paredón Grande.

El norte de Camagüey registra valores más bajos de probabilidad de ser impactada por estos organismos en las zonas de playa Santa Lucía, cayo Cruz y Sabinal. Lo mismo sucede con la provincia de Holguín y toda su región turística del Norte, así como la provincia de Santiago de Cuba, Granma y la porción del oeste de Guantánamo.

A partir de las zonas identificadas con las mayores probabilidades de cada mes, se relacionó esta información con la capacidad habitacional actual y proyectada hasta 2030 en cada provincia y por ende en las regiones turísticas que comprenden. Algunas de las provincias con importantes desarrollos turísticos proyectados al 2030 están en zonas muy expuestas con altos valores de probabilidad de ser afectadas por huracanes o tormentas tropicales, destacándose los destinos turísticos ubicados en las provincias de Pinar del Río, La Habana y el oeste de Matanzas.

Es significativo el aumento de habitaciones previsto para la porción más occidental de la provincia Pinar del Río, que acogerá 54 472 habitaciones en el 2030, vinculadas fundamentalmente al desarrollo inmobiliario, las cuales se localizan en territorios con alta probabilidad de afectaciones por huracanes.

En la tabla 3.13 se muestran las diferencias porcentuales promedio respecto al período de referencia (1980-2004) de la modelación realizada con los escenarios 2.6, RCP4.5 y RCP8.5 para los años 2030 y 2050, sobre algunas variables climáticas en los diferentes territorios de preferente uso turístico (TPUT). La temperatura media del aire en 2030 se comportará por encima de la actualidad entre 2 a 5 %, mientras que para 2050, los valores porcentuales casi se duplicarán. En consecuencia, la evapotranspiración también podrá presentar diferencias porcentuales elevadas respecto al presente entre 1 y 8 % para el 2030, pero en 2050 el impacto será mayor entre 3 y 11 %. En general, la humedad relativa del aire se mantendrá en el futuro similar a los valores actuales, excepto para el TPUT Trinidad cuyos valores porcentuales pudieran disminuir con respecto al presente.

Las tendencias para cada variable climática y cada TPUT registran valores significativamente positivos para los períodos climáticos centrados en 2030 y 2050, exceptuando la humedad relativa del aire cuya tendencia resulta decreciente en dichos períodos y para todos los TPUT.

Tabla 3.13 Impacto en territorios de preferente uso turístico (TPUT). Diferencia respecto al período de referencia (1980-2004) de algunas variables climáticas, según proyecciones promedio de los escenarios

TPUT	Año 2030			Año 2050		
	Temp media	Humedad relativa	Evapo-transpiración	Temp. media	Humedad relativa	Evapo-transpiración
Sandino	3	0	5	6	0	5
Varadero	2	0	2	5	- 1	3
Trinidad	3	- 3	8	5	- 4	11
Cayo Santa María	4	0	2	6	0	4
Cayo Coco	5	0	3	7	0	6
Holguín	4	1	1	6	0	3
Santiago de Cuba	5	1	2	7	0	3

Vulnerabilidades e impactos en el destino específico turístico de Varadero

El plan de desarrollo turístico previsto hasta 2030 abarca el desarrollo turístico de todas las provincias del territorio nacional. Además de trabajar el enfoque de producto, marca y destino, con la sombrilla del concepto de territorio de preferente uso turístico (TPUT), destacan los siguientes programas: alojamiento hotelero, turismo de naturaleza, marinas y náuticas, recreación, desarrollo inmobiliario, campismo y el de entidades de apoyo a la actividad. En el caso específico de Varadero, principal polo turístico del país, la actual capacidad habitacional es de 20 798, a las que se sumarán 8928 habitaciones, lo que significa que 92.6 % de las inversiones prevista para la provincia de Matanzas se concentrarán en este destino.

Para el año 2050, en el TPUT Varadero se estiman ascensos del nivel del mar en el orden de los 29.4 cm (por encima del nivel medio para Cuba (29.3 cm) en 2050, tendencia que se mantiene al 2100, con aumentos previstos de 97.7 cm.

En cuanto a la probabilidad de afectaciones por huracanes, la península se localiza en un área que mantiene entre 24 y 68 % de probabilidad, según las trayectorias históricas en el período 1851-2017, aunque la distancia a la zona de mayor probabilidad de ocurrencia de huracanes es de 0-32 km.

Medidas de adaptación para reducir la vulnerabilidad ante los impactos proyectados:

- eliminación por demoliciones de estructuras permanentes sobre la duna;
- incrementar las zonas de sombra en la franja de arena y espacios públicos;
- campañas de concientización para el uso de protección en áreas del cuerpo expuestas a la radiación solar;
- incentivar la implementación de sistemas de gestión ambiental, certificaciones ambientales y buenas prácticas ambientales en instalaciones y destinos;
- incorporar buenas prácticas en el uso y reciclaje de portadores energéticos;
- adecuar los horarios de las optionales turísticas evitando las horas de máxima radicación solar;
- generalizar señalética y paneles informativos sobre el cuidado y protección de la duna;
- promover uso de transportes alternativos y energéticamente eficientes;
- desarrollar paquetes y productos turísticos basados en productos bajos en carbono, respetuosos del medioambiente, que reduzcan su huella de carbono, y que contribuyan a la conservación del entorno natural y del patrimonio cultural;
- definir un sistema de indicadores y programas de monitoreo y evaluación de sensibilidad de empresas y destinos a riesgos vinculados al cambio climático, así como de las brechas de conocimiento sobre estos temas;
- diseño de edificaciones a prueba de eventos extremos;
- generación de sitios y plataformas digitales sobre medidas de adaptación.

3.6 Riesgos de los impactos futuros

Las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que aumenten los riesgos existentes relacionados con el clima. También indican que es probable que se generen nuevos riesgos en un ambiente climático poco conocido. Es posible que algunos de los riesgos se limiten a un sector o región particular.

Sin embargo, si se considera la pequeña dimensión espacial del archipiélago cubano, lo más probable es que dichos riesgos abarquen a todo el país.

La determinación y evaluación más precisa de los riesgos basados en la evaluación de los impactos sectoriales continúa siendo un vacío. Esto es así, debido que los riesgos de impacto futuros sobre los sectores presentan varios retos científicos: i) incertidumbres asociadas a la estimación del clima futuro; ii) incertidumbre en la estimación futura de los niveles de vulnerabilidad sectorial; iii) limitaciones en la disponibilidad y acceso a más y mejores datos físicos, ambientales y socioeconómicos; iv) desarrollo de metodologías científicas para la evaluación de riesgos múltiples basados en los impactos del cambio climático.

Tomando en cuenta las limitaciones y retos existentes, los riesgos que se presentan a continuación tienen un carácter general y se basan principalmente en los elementos físicos de las proyecciones climáticas.

Riesgos relacionados con los recursos de agua dulce

Los escenarios de cambio climático indican la reducción sustancial de los recursos hídricos superficiales y potencialmente los subterráneos. Así, los riesgos del cambio climático relacionados con la disponibilidad de agua dulce en Cuba aumentarán notablemente.

Las proyecciones realizadas indican una reducción de las precipitaciones que puede llegar a ser del orden del 10 % de los acumulados actuales durante la estación lluviosa. Estos estimados se basan en un escenario intermedio de emisiones de gases de efecto invernadero, pero si se considera uno mayor, entonces las reducciones de los acumulados de lluvia en el período lluvioso pueden llegar a ser superiores al 30 % respecto al clima actual. Esta situación ocurrirá en un ambiente de incremento de la evapotranspiración (favorece que las pérdidas de agua se incrementen) y del nivel medio del mar. Sin considerar otros aspectos relacionados con el uso de los recursos hídricos, el balance de las proyecciones anteriores apunta a una drástica reducción de los recursos hídricos disponibles tanto en su cantidad como en su calidad.

La menor disponibilidad de agua en el futuro producirá mayor estrés en los procesos de manejo de los recursos hídricos disponibles. Existirán mayores riesgos para el manejo del agua potable utilizando métodos tradicionales, toda vez que la cantidad y calidad del agua se verá altamente comprometida por factores adicionales a los que naturalmente ocurrirán. El posible incremento de la frecuencia, intensidad y extensión espacial de los procesos de sequía es

un elemento natural que incrementará los riesgos existentes en los sectores, pudiendo crear a su vez nuevos riesgos. Bajo este escenario es posible asumir que se producirá un incremento de la competencia entre los sectores en el uso del agua, dentro de lo cual se deben considerar los flujos de agua necesarios para el funcionamiento de los ecosistemas costeros. Estos últimos también serán directa y seriamente afectados por el calentamiento y el ascenso del nivel medio del mar.

Riesgos debidos a eventos climáticos extremos

El incremento proyectado de los eventos climáticos extremos como los días consecutivos secos, los días muy cálidos, así como la reducción de las noches frías/frescas, incrementará el riesgo de impactos adversos en muchos sectores.

Los cambios previstos en los extremos climáticos incrementarán los riesgos sobre sectores como la salud humana, donde puede haber mayor morbilidad y mortalidad durante períodos cada vez más prolongados e intensos de calor extremo. De igual forma, la mayor frecuencia de días cálidos y noches frías aumentará el riesgo de impactos adversos sobre el rendimiento de algunos cultivos agrícolas de importancia en Cuba, donde la amplia variación térmica diurna es un factor determinante.

El riesgo de este tipo de eventos extremos puede repercutir en el bienestar humano, principalmente en las ciudades y grandes asentamientos humanos, creando también condiciones menos confortables en algunos de los destinos turísticos principales de Cuba. Esto significará un reto para el sector de la construcción, pues es posible que resulte necesario considerar nuevos códigos de confort que a la vez resulten apropiados para resistir episodios extremos como los ciclones tropicales.

La ocurrencia de eventos de lluvias intensas, aunque pudieran ser menos frecuentes, representará un riesgo para la pérdida de suelos en general y nutrientes en particular, en medio de un ambiente donde predominen condiciones de días consecutivos secos (haciendo más vulnerable el recurso suelo). Esta condición agravaría la situación de reducción de rendimientos agrícolas relacionada con condiciones climáticas medias menos favorables.

Riesgos debidos a episodios meteorológicos extremos

El incremento en la afectación de huracanes intensos y la ocurrencia de otros fenómenos meteorológicos peligrosos tales como tornados, lluvias intensas,

fuertes vientos e inundaciones, requerirá disminuir la vulnerabilidad en diversos sectores socioeconómicos del país y potenciar la percepción del riesgo de la población.

La posibilidad de que los huracanes puedan ser más intensos, siguiendo el aumento previsto de la temperatura superficial del mar, traería consigo una gran afectación para el sector económico. Estos fenómenos acarrean riesgos múltiples debido a la ocurrencia simultánea de factores peligrosos, sobre todo en las áreas costeras como consecuencia de los fuertes vientos superficiales, los tornados asociados y de las inundaciones ocasionadas por las intensas lluvias y la marea de tormenta, así como por la acción de las fuertes marejadas. En general, representarán un riesgo importante debido a los daños que oca-sionarán en la infraestructura, en la agricultura, ganadería, el medioambiente y la interrupción de servicios esenciales como la electricidad y el suministro de agua, entre otros.

Riesgos debidos al aumento de la temperatura del aire

El incremento de la temperatura media global del aire (TMGA) sobre el límite 2.0 °C con respecto al período preindustrial (Acuerdo de París) pondrá a la región del Caribe y a Cuba en un ámbito de condiciones climáticas sin precedentes.

Si se supera el límite de los 2.0 °C respecto a los valores preindustriales el riesgo de aumento de días muy cálidos, cálidos y secos, así como sequías será muy alto. De esta manera el impacto asociado a la ocurrencia de ellos será muy significativo. La situación fuera menos crítica, pero igualmente peligro-sa, si solo se supera el valor de 1.5 °C (límite más ambicioso del Acuerdo de París). Según las estimaciones, existe un riesgo elevado de que los valores de incremento de TMGA sobre 1.5 y 2.0 °C se alcancen en fechas tan tempranas como a finales de 2020 y 2050, respectivamente. Esto refuerza la necesidad de urgencia en las medidas de respuesta globales, pero también en aquellas, regionales y nacionales, relacionadas con la adaptación al cambio en el clima promedio y principalmente al asociado con los eventos climáticos extremos.

**Tercera Comunicación Nacional a la Convención
Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático**

CAPÍTULO 4. PROGRAMA SOBRE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

4.1 Introducción

La contribución de Cuba a las emisiones globales de gases de efecto invernadero es mínima y no rebasa 0.1 %. No obstante, se han venido realizando esfuerzos importantes en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Para esto, en el país se ha ido creando el marco de apoyo institucional, normativo y de gestión, a nivel nacional, territorial y sectorial, para la incorporación de la dimensión climática en la planificación del desarrollo productivo y de esta forma comenzar a transitar un camino hacia un modelo de desarrollo resiliente y bajo en carbono.

En el sector Energía, el diseño y la implementación de políticas dirigidas a lograr el cambio estructural en la matriz energética, así como la promoción de estrategias para incrementar la eficiencia en la generación, permite reducir las emisiones de GEI y de la intensidad energética del sector. Para cumplir con este objetivo se ha impulsado la incorporación de fuentes renovables de energía en la generación eléctrica: solar fotovoltaica, biomasa y eólica.

Otros sectores, como el Transporte, comienzan a definir políticas públicas que incentivan e impulsan los cambios necesarios para lograr resultados concretos, a nivel de infraestructura y tecnológicos; y, a partir de esto, priorizar medidas de mitigación que reduzcan su incidencia en las emisiones totales del país.

Para cumplir las metas de desarrollo y de enfrentamiento al cambio climático, Cuba, como muchos países en vías de desarrollo, se enfrenta a gigantescos desafíos económicos, a lo cual se suma el recrudecimiento de la política de bloqueo económico, comercial y financiero impuesto por el Gobierno de los Estados Unidos de América, que impide acceder a financiamientos de las principales instituciones financieras internacionales y, además, mantiene una férrea persecución financiera a aquellos recursos a los que el país ha podido acceder, o a sus transacciones financieras internacionales.

4.2 Prioridades para la mitigación del cambio climático

La mitigación en las políticas nacionales, es una dimensión esencial para el desarrollo sostenible del país. Las medidas que se adoptan contribuyen a la modernización y al progreso tecnológico; al fortalecimiento de capacidades institucionales; mejora la efectividad y eficiencia de los procesos, con la disminución del consumo de portadores energéticos de origen fósil; a un uso de tecnologías más eficientes; a una mejor gestión de los residuos; entre otros elementos importantes y transversales a toda la actividad económica nacional.

Cerca del 96 % de la energía eléctrica se produce con el empleo de combustibles fósiles, con una alta dependencia de la importación, elevados costos de generación y una infraestructura tecnológica de altas emisiones de GEI. En respuesta a estas coyunturas, el Consejo de Ministros aprobó, en 2014, la “Política para el desarrollo perspectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía”, dirigida a aprovechar al máximo los recursos renovables disponibles a nivel nacional.

El Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social al 2030 (PNDES 2030), introduce por primera vez en las políticas públicas, el concepto de un desarrollo menos intenso en emisiones de GEI.

El 25 de abril de 2017, el Consejo de Ministros aprobó el “Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático”, conocido también como Tarea Vida. Este plan tiene un alcance y jerarquía superiores a todos los documentos elaborados anteriormente sobre este tema, además de actualizarlos e incluir la dimensión territorial. El plan requiere concebir y ejecutar un programa de inversiones progresivas, a corto (2020), mediano (2030), largo (2050) y muy largo (2100) plazos.

En la Tarea Vida aparece una referencia particular a la mitigación y a su implementación en 12 sectores claves del desarrollo: seguridad alimentaria, energía renovable, eficiencia energética, ordenamiento territorial y urbano, pesca, agropecuaria, salud, turismo, construcción, transporte, industria y manejo integral de los bosques.

Es importante considerar que, desde el punto de vista legal, Cuba asume compromisos de mitigación bajo la CMNUCC y el Acuerdo de París. Un papel importante en la identificación de estos compromisos lo juega la CND 2015, a la que ya nos referimos. Sin embargo, mientras que la actual CND se concentra en el sector de la energía, con un peso importante en la energía de fuentes renovables, el Plan de Estado amplía las exigencias de la mitigación a otras políticas sectoriales, incluyendo el sector agropecuario, el turismo, la

construcción, el transporte, la industria y el manejo de los bosques; lo cual es potenciado por el llamado a “la promoción de un desarrollo menos intenso en carbono”, en las “Bases del Plan de Desarrollo Económico y Social al 2030”:

Esta extensión de las acciones de mitigación, incluye iniciativas vinculadas al uso de la bioenergía, la promoción de la movilidad sostenible, el papel de los bosques en la remoción de carbono y la promoción de estrategias de desarrollo bajo en carbono. A fin de potenciar el uso de las energías limpias, se trabaja también en la evaluación del potencial de las corrientes marinas para la generación de electricidad.

En política energética se aprobó, en 2014, la “Política para el desarrollo perspectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía”, dirigida a aprovechar al máximo los recursos renovables disponibles en el país²⁴. No obstante y desde mucho antes, existieron importantes programas: en 1994, el “Programa de desarrollo de las fuentes nacionales de energía”; en 1997 el “Programa de ahorro de electricidad de Cuba”; en 2005-2006 la “Revolución energética” (con la que se cambiaron 4.4 millones de equipos electrodomésticos ineficientes en las viviendas, de ellos 2.6 millones de refrigeradores y 9.4 millones de bombillos incandescentes por ahorradores) que si bien se realizaron por su impacto económico y social, fueron una importante contribución a la reducción de los ritmos de crecimiento de demanda de electricidad, al incremento de eficiencia energética y, por tanto, en la reducción de la intensidad de las emisiones de GEI. Entre los objetivos de esta política resaltan:

- Aumentar el por ciento de utilización de las FRE hasta 24 %.
- No incrementar la dependencia de importaciones de combustibles para la generación.
- Reducir los costos de la energía entregada por el Sistema Electroenergético Nacional.
- Reducir la contaminación medioambiental.

La implementación de la política energética avanza, con la meta de instalar 2001 MW hasta 2030, a partir de tecnologías que utilizan fuentes renovables. Estas son:

²⁴ Cuba produce cerca del 96 % de su energía eléctrica a partir del empleo de combustibles fósiles, con una alta dependencia de la importación, elevados costos de generación y una infraestructura tecnológica de altas emisiones de gases de efecto invernadero.

- 755²⁵ MW en bioeléctricas;
- 633 MW eólicos;
- 700 MW fotovoltaicos;
- 56 MW hídricos.

También se han introducido otras acciones, como el cambio de iluminación a LED, tanto en el sector residencial como en el alumbrado público; introducción paulatina de cocinas de inducción, calentadores y paneles solares; y tratamiento de residuales, especialmente porcino, para disminuir la contaminación y obtener biogás para la cocción de alimentos y generación de electricidad. Todo ello conlleva a reducir el uso de electricidad procedente de combustibles fósiles y de las emisiones de GEI.

Dentro de este contexto, y para acelerar la implementación de la política de desarrollo de las fuentes renovables y el uso racional de la energía, se aprueba el Decreto Ley 345, que recoge en cada uno de sus capítulos las regulaciones que normarán la implementación de cada una de las acciones que prevé esa política.

Elementos a destacar de este instrumento de la política:

- Incorpora la producción de energía por productores independientes, tanto del sector residencial como de entidades con personalidad jurídica, no pertenecientes a la Unión Eléctrica (UNE), y su compra por esta, como ente encargado de adquirir la energía generada por los productores independientes.
- Obliga a todas las personas jurídicas a contar con un programa de desarrollo de fuentes renovables y el uso racional de la energía.
- Todas las nuevas construcciones que se acometan, y los procesos inversionistas, deben tener en su diseño las soluciones de fuentes renovables y uso racional de energía.
- Dispone de beneficios e incentivos arancelarios y fiscales a las personas jurídicas, con el fin de estimular las inversiones relacionadas con estas tecnologías

²⁵ Estas cifras corresponden a las acciones de mitigación incluidas en la CND actualmente vigente, comunicada por Cuba en el año 2015. En estos momentos se encuentra en proceso de aprobación interna la primera CND actualizada de la República de Cuba, que deberá ser comunicada a la CMNUCC próximamente, donde se han manejado cambios en las contribuciones de mitigación con una mayor ambición.

- Potencia el peso de la industria nacional en la producción de equipos, medios y piezas, para el desarrollo de las fuentes renovables de energía y los destinados a elevar la eficiencia energética.

4.3 Marco de transparencia reforzado bajo el Acuerdo de París

El estado de implementación de las acciones nacionales de adaptación y mitigación del cambio climático, y la evolución del proceso internacional, demandan del establecimiento de un sistema que permita mejorar la proyección y evaluación del impacto de estas acciones, y del modo como estas son reportadas, lo cual permitirá satisfacer mejor diversos propósitos de la política nacional para el enfrentamiento al cambio climático.

Desde la perspectiva nacional, un sistema de esta naturaleza permite establecer procedimientos, indicadores y metas para evaluar la implementación del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social al 2030, en particular del objetivo correspondiente a “*... mitigar el cambio climático y a promover un desarrollo económico menos intenso en carbono*” (Objetivo específico No. 11 del Plan: Eje Medio Ambiente y Recursos Naturales).

Un sistema de medición, reporte y verificación (MRV) tributa también a la implementación de la Tarea 8 del Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático, conforme a la cual se requiere implementar y controlar medidas de mitigación “*derivadas de las políticas sectoriales en los programas, planes y proyectos vinculados a la seguridad alimentaria, la energía renovable, la eficiencia energética, el ordenamiento territorial y urbano, la pesca, la agropecuaria, la salud, el turismo, la construcción, el transporte, la industria y el manejo integral de los bosques*”.

Por otra parte, se ha ido construyendo todo un andamiaje internacional, devenido en el concepto actual de “Marco de transparencia reforzado” (MTR), bajo el Acuerdo de París, adoptado según la Decisión 1/CP.21, que incorpora elementos de Decisiones anteriores como las Decisiones 1/CP.16 y 2/CP.17. El MTR se encuentra en proceso de desarrollo, y la COP 24 le imprimió un importante impulso con la Decisión 18/CMA y los subsiguientes COP 25 y 26, deberán concluir en lo fundamental los marcos regulatorios para su implementación.

Teniendo en cuenta estos elementos, se ha propuesto un esquema y cronograma general para el diseño e implementación del marco de trasparencia reforzado para el país, en el cual los sistemas MRV son claves. El esquema y

cronograma general para el establecimiento del marco de trasparencia reforzado se muestra en la figura 4.1.

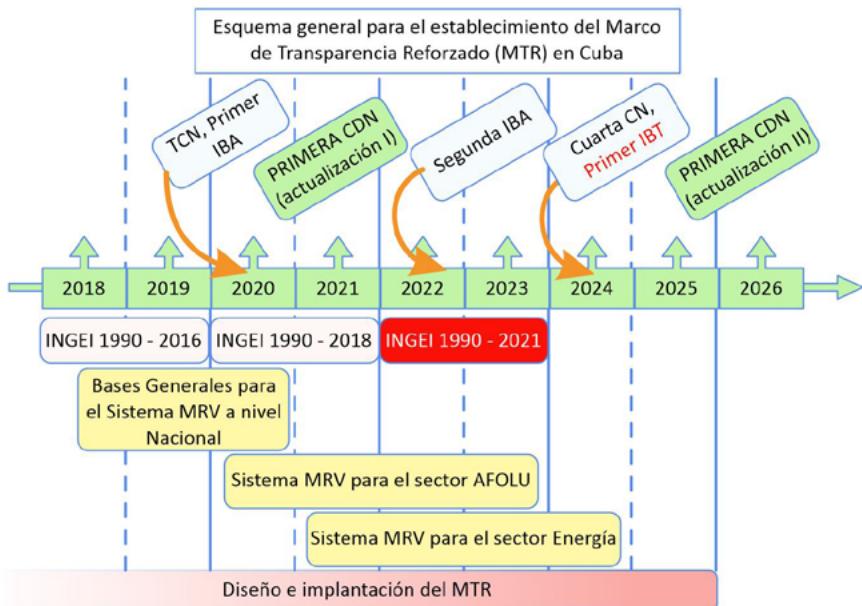


Figura 4.1 Esquema del Marco de transparencia reforzado en Cuba.

Los procesos principales relacionados con el diseño e implementación del marco de trasparencia reforzado son:

1. Elaboración y reporte de la Cuarta Comunicación Nacional en el año 2024 y en los años subsiguientes, de mantenerse como requerimiento del MTR, siguiendo las Directrices para la elaboración de las Comunicaciones Nacionales de las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención (Anexo de la Decisión 17/CP.8).
2. Elaboración del segundo Informe bienal de actualización (IBA), y reporte en el año 2022, siguiendo las Directrices de la CMNUCC para los IBA de las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención (Anexo III de la Decisión 2/CP.17)²⁶. El segundo IBA contendrá el INGEI del año 2018, correspondiente al cuarto año anterior al reporte y a la serie temporal 1990-2018, para los años pares.

²⁶ Adoptados en la COP 17 en Durban.

3. Elaboración y reporte del primer Informe bienal de transparencia (IBT) en el año 2024 (condicionado a las decisiones finales del régimen de transparencia, al apoyo recibido y al avance en el establecimiento del MTR en el país), en base a la decisión 1/CP24, teniendo en cuenta las flexibilidades que el país adopte en correspondencia con lo establecido en las modalidades, procedimientos y guías (MPG)²⁷. En lo que se refiere al INGEI, en base a las circunstancias nacionales y al apoyo identificado en la actualidad, se consideran condiciones de flexibilidad de tres años de anterioridad y una serie temporal cada dos años. Por lo que el Primer IBT contendría el INGEI del año 2021 y la serie 1990-2021.
4. En cuanto a la contribución determinada a nivel nacional (CND); el proceso de actualización de la primera CND se ha iniciado y será comunicada a la CMNUCC en el año 2020.²⁸ El horizonte de tiempo de la contribución nacional es el año 2030. En función del resultado de las negociaciones en el marco del Acuerdo de París y en dependencia de los resultados que se alcancen, en particular respecto a los medios de implementación, Cuba reconsiderará la información a someter a la convención y estudiará la posibilidad de comunicar metas indicativas en el 2025.
5. La elaboración de las bases generales para el establecimiento de un sistema de medición, reporte y verificación en Cuba²⁹. Este documento constituye la guía y base para la elaboración de los sistemas MRV a niveles sectorial, territorial y nivel de programas/proyectos.
6. El diseño e implementación de un sistema MRV para el sector AFOLU³⁰. Como resultado de la implementación del sistema, se transfiere al Minag la responsabilidad de la elaboración y reporte al Citma de los capítulos correspondientes a los reportes nacionales (Comunicaciones Nacionales, IBA, IBT) del sector AFOLU; así como la elaboración del capítulo del inventario correspondiente al sector AFOLU y el seguimiento y reporte de las acciones de mitigación, incluidas las contribuciones del país

²⁷ Modalidades, procedimientos y guías (MPGs, en inglés), incluidas en el anexo de la decisión 18/CMA.1

²⁸ El proceso de actualización se ejecuta en correspondencia con una hoja de ruta elaborada y aprobada por las autoridades pertinentes.

²⁹ Sus elementos principales se describen en el Capítulo 4 del IBA.

³⁰ Se elaborará en el marco de un proyecto que ejecutará el Minag, apoyado con financiamiento de la ventanilla CBIT-GEF, donde la FAO actúa como agencia implementadora. En fase de análisis y aprobación del PRODOC por el GEF.

en ese sector. Se planifica concluir la implementación del sistema en el sector AFOLU en el año 2023.

7. El diseño e implementación de un sistema MRV para el sector energía³¹.

Similar al sector AFOLU, se prevé un proceso de transferencia de responsabilidades a los organismos y entidades correspondientes al sector de energía. Para ello se encuentra en fase de elaboración un proyecto en busca de apoyo financiero internacional.

Con el establecimiento de sistemas MRV para los sectores Energía y AFOLU, se cubre alrededor del 90 % de las emisiones del país. No obstante, el completamiento de los sistemas MRV para los sectores IPPU y Desechos es muy importante para disponer de un sistema de transparencia sólido.

Un elemento esencial es el futuro establecimiento de sistemas MRV a nivel territorial, por cuanto en las nuevas circunstancias del país y en correspondencia con la nueva Constitución de la República aprobada, se atribuye a este nivel de gobierno muchas más prerrogativas. De esta manera el país dispondría de un MTR implantado en lo fundamental en el año 2025.

4.4 Medidas asociadas a la mitigación

Si bien se ha realizado un esfuerzo importante en la conducción de programas que han llevado a la reducción de las emisiones de GEI, no ha existido un sistema que identifique claramente, formule, registre y de seguimiento a las acciones de mitigación y su impacto.

El primer esfuerzo de análisis colectivo, a niveles sectoriales y de gobierno, enfocado en la identificación de acciones de mitigación, se realizó durante la formulación, análisis y comunicación de las INDC en el año 2015. Proceso que tuvo un importante impacto en la formulación y aprobación de prioridades relacionadas con la mitigación, expresadas en el PNDES 2030 y en la Tarea Vida. En esos documentos se va más allá de lo declarado en las CND, en cuanto a sectores y objetivos estratégicos.

El proceso de identificación, organización e implementación de las acciones de mitigación está en curso, y es por ello que las acciones de mitigación que se incluyen en este reporte no están aún bajo un sistema MRV. Constituyen acciones que se han llevado a cabo en diferentes sectores, aun sin un diseño homogéneo y sin seguimiento y reporte sistemático.

³¹ No se dispone aún de apoyo financiero para ello.

4.4.1 Avances en las opciones de mitigación

Cuba aspira a aumentar la participación de las fuentes renovables de energía en su matriz de generación eléctrica y hacer un uso más eficiente de este recurso. Esta transformación está dirigida tanto a la disminución de la alta dependencia del consumo de combustibles fósiles; como a la reducción de GEI. Como país Parte de la CMNUCC, Cuba mantiene la disposición de implementar acciones que contribuyan a la mitigación “*en correspondencia con sus circunstancias nacionales y con los recursos financieros y tecnológicos de que disponga*” (CND, 2015).

En la Segunda Comunicación de Cuba a la CMNUCC (SCN, 2015), en el capítulo referido a los programas de mitigación, se hizo énfasis en evaluar algunos escenarios de desarrollo potenciales y posibles medidas de mitigación, tomando en consideración los resultados presentados en la Primera Comunicación Nacional (PCN, 2001) y el inventario de emisiones y remociones de GEI, correspondientes al año 2002. Bajo ese enfoque se definieron y evaluaron 35 opciones de mitigación, en los sectores generación de energía eléctrica, residencial, transporte, agropecuario, forestal y desechos.

A partir de entonces, se ha venido profundizando en el análisis de viabilidad de algunas de las medidas propuestas y se ha prosperado en la organización, diseño e implementación de otras de las opciones entonces identificadas. A continuación, se actualiza sobre los resultados del diseño e implementación de alguna de estas medidas.

Sector residencial. Se evaluaron nueve opciones de mitigación, que podrían contribuir a la reducción del consumo de combustibles y al uso más eficiente de la energía. Tres de ellas se encuentran en fase de diseño e implementación parcial, habiendo sido declaradas dentro de la CND de Cuba. Sustitución del alumbrado por lámparas LED, instalación de calentadores solares e introducción de cocinas de inducción. Estas medidas tienen como objetivo contribuir a la disminución del consumo de energía. Consisten en la instalación de tecnología LED, con la distribución de 13 millones de lámparas en el sector residencial y de 250 mil luminarias para el alumbrado público; en la instalación de 200 000 m² de calentadores solares en los sectores residencial e industrial; y en la sustitución de 2 millones de cocinas eléctricas de resistencia eléctrica por cocinas de inducción. Estas medidas están declaradas en la CND con metas no GEI.

Sector generación de energía eléctrica. Se evaluaron nueve opciones de mitigación, que tenían como objetivo reducir el consumo de combustible en la matriz nacional de generación eléctrica, a través de la penetración de las fuentes renovables de energía y el aumento de la eficiencia energética del lado de la generación. Entre las medidas que han tenido un avance en la implementación se encuentran las siguientes:

Gasificación con biomasa forestal. Para la gasificación de la biomasa forestal se han instalado 5 pequeñas plantas, para resolver problemas locales. Estas son: Cocodrilo 50 kW, La Melvis 500 kW (ambas en la Isla de la Juventud), Indio Hatuey 22 kW, La Veguera 40 kW y El Brujo 40 kW. No se dispone de datos para evaluar las emisiones evitadas por la producción de electricidad en estas pequeñas plantas.

Generación de electricidad mejorando la eficiencia energética. De las opciones que se evaluaron con este objetivo, la que ha tenido un grado de continuidad ha sido la utilización del gas natural en ciclo combinado de gas. Este tipo de tecnología comienza a utilizarse en la generación de electricidad en 1998, con la creación de la empresa mixta ENERGAS. Estas acciones de mitigación (ENERGAS Varadero y ENERGAS Jaruco), habían sido evaluadas como proyectos MDL. Información sobre las emisiones evitadas en estos proyectos se muestran más adelante.

Dentro del sector de generación de electricidad, se incorporaron a la CND de Cuba las medidas que han sido trabajadas con mayor detalle, y han comenzado su implementación parcial. Entre ellas se encuentran las siguientes:

Generación de electricidad en base a energía solar fotovoltaica, eólica e hidráulica. Tienen como objetivo contribuir a la modificación de la matriz de generación eléctrica. Incluye la instalación de 1389 MW de potencia conectada a la red eléctrica nacional al año 2030. Consiste en la instalación de 1389 MW de potencia conectada a la red eléctrica nacional al año 2030: 633 MW eólicos, 700 MW fotovoltaicos y 56 MW en pequeñas hidroeléctricas. Con la instalación de esa potencia, se alcanzará 10 % de la generación eléctrica total del país en 2030. Algunos avances en la implementación de estas medidas se muestran a continuación:

- Solar fotovoltaica conectada a la red. Los mayores avances en la implementación del uso de las fuentes renovables de energía se logran con la energía solar fotovoltaica. Al cierre del año 2018, los parques solares en operación aportaban al Sistema Electro-energético Nacional una potencia total de 135 MW pico, con los que se generaron 146.5 GWh³², incrementándose la generación eléctrica, con el uso de esa tecnología, de 16.8 GWh, en 2014, a 146.5 GWh en el año 2018 (más de 8 veces). Se estimó la reducción de emisiones en los 5 años comprendidos entre 2014-2018 en 195.5 kt CO₂eq.
- Generación basada en la energía eólica. En el 2018 existían cuatro parques eólicos, con una potencia de 11.5 MW. La mayor capacidad de generación con el uso del viento se encuentra en el nororiente del país, por lo que las mayores inversiones se concentrarán en esa zona. La generación eólica debe comenzar a incrementarse a partir del año 2020, con la sincronización al Sistema Electroenergético Nacional de los primeros 100 MW, con aerogeneradores de gran porte.
- Generación de electricidad por medio de la hidroenergía. En Cuba no hay grandes ríos ni embalses que permitan grandes obras hidroeléctricas. No obstante, se cuenta con una potencia instalada en centrales hidroeléctricas de 66 MW, con la que se genera 142 829 MWh. Se prevé alcanzar una capacidad de generación de 56 MW, para después de 2020.

Generación de electricidad en base a biomasa cañera y forestal. El objetivo de modificar la matriz de generación eléctrica, incluye la instalación de 612 MW de potencia conectada a la red eléctrica nacional al año 2030, entregada por bioeléctricas. Para ello, se irán sustituyendo paulatinamente los bloques energéticos de los centrales azucareros de mayor capacidad de producción, por plantas bioeléctricas de alta eficiencia. Esa potencia instalada contribuirá al logro del 14 % de la generación eléctrica total del país en 2030. En el período 2014-2018, la acción se centró en aspectos organizativos, en la preparación e inicio del programa inversionista. Se ha planificado que la primera de las bioeléctricas con una potencia de 62 MW se sincronice al Sistema en el año 2020. Esta es una de las acciones que se ha incorporado a la CND del país con metas no GEI.

Para la implementación de las medidas de mitigación relativas a la generación con FRE, declaradas en la CND, se requiere: establecer un sistema

³² Sistema estadístico complementario Minem.

MRV para la acción, en correspondencia con las bases generales del Sistema MRV que se adopte en el país; recalcular las proyecciones de reducción de emisiones (sin mitigación y con los escenarios de mitigación); adoptar las metodologías y procedimientos para las evaluaciones que se requieren, incluido el cálculo del factor de emisión de la red y su publicación periódica; y realizar estudios de actualización de potenciales y análisis de incremento de la ambición hasta y más allá del 2030.

Sector Transporte. Los vehículos automotores son los principales responsables de las emisiones en este sector. Por ello, las seis opciones de mitigación analizadas en la SCN, estaban dirigidas directa o indirectamente, a este modo de transportación; muchas de las cuales han tenido algún grado de implementación.

Reordenamiento del transporte. Se ha avanzado en su implementación. Pero todavía hay un nivel alto de transportación que no utiliza el medio adecuado, como son los casos de traslados de cargas a larga distancia por carreteras y la distribución local de mercancías con vehículos pesados. Otro aspecto donde se ha avanzado es en la implementación de la reorganización del transporte administrativo (proyecto Piquera), que ha permitido identificar el envejecimiento del parque y su oportuna modernización con medidas más eficientes. Con la implementación de esta medida, en su etapa de proyecto, se logró: la reducción de 1 893 594 litros de combustible, y por tanto la disminución de emisión de gases contaminantes a la atmósfera; la identificación del envejecimiento y el mejoramiento del estado técnico del parque vehicular, lo que condujo a la reposición de 1320 vehículos y, por tanto, de la disminución del consumo de combustible y la no emisión de 9 067 835 Gg de gases contaminantes a la atmósfera.

Remotorización. Se continúa la implementación de esta medida, fundamentalmente con la sustitución de los motores ZIL y GAZ (vehículos de la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas), altos consumidores de gasolina, por los motores chinos marca Yuchai, de cuatro a seis cilindros, sobre la base de petróleo.

Incremento del uso del ferrocarril en las transportaciones de carga. Ya es política establecida realizar las transportaciones de carga a mediana y largas distancias utilizando el ferrocarril, medida que ha tenido su mayor impacto

a raíz de la crisis energética motivada por las restricciones del suministro de combustible al país, consecuencia de las acciones agresivas de la administración del presidente estadounidense Donald Trump, de recrudecer el bloqueo económico. En el caso de las transportaciones de caña de azúcar y carga general, los volúmenes alcanzados en el año 2018 fueron superiores a lo transportado en años anteriores, lo que denota un incremento del uso del ferrocarril; favorecido con la adquisición de locomotoras rusas, destinadas fundamentalmente a la actividad de la zafra azucarera, y de un número significativo de vagones para diferentes tipos de carga; acciones estas que vienen aparejadas con todo un proceso inversionista en la infraestructura ferroviaria.

Incremento del uso del ferrocarril en las transportaciones de pasajeros. Con la llegada de nuevos coches de pasajeros, procedente de la República Popular de China, se elevó el nivel de implementación de esta medida, a partir del primer semestre del año 2019, lográndose el restablecimiento de itinerarios en los trenes nacionales; y el reforzamiento del servicio ferroviario inter-provincial y local, con la incorporación de los coches antes utilizados en el servicio nacional.

Uso de mezclas alcohol anhidro-gasolina. Esta opción no ha sido puesta en práctica por falta de materia prima, solo se tienen resultados a nivel de investigación, a partir de pruebas en aproximadamente 100 vehículos de gasolina (que no requerían ningún tipo de modificación mecánica). En los experimentos realizados, se comprobó que algunos de estos vehículos recorrieron más de 100 Mkm, sin afectación en su funcionamiento, cuantificándose un ahorro del 25 % de la gasolina que utilizaban.

Utilización del biodiésel. Actualmente se desarrolla un proyecto sobre el uso de biodiésel, coordinado por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey” (EEPFIH), con el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo en Cuba (PNUD) y financiamiento del FMAM, y aunque se han obtenido resultados satisfactorios a escala de laboratorio, aún se encuentra en pruebas de campo, y su aplicación es solo para flotas cautivas (flota vehicular perteneciente al lugar donde se genera el biodiésel), lo cual dista de su aplicación a gran escala.

Sector Agroforestal³³. Para el sector se evaluaron tres medidas, que tienen como objetivo reducir las emisiones de GEI y aumentar las remociones de CO₂ atmosférico.

Incremento de la cobertura forestal. Las remociones de CO₂ atmosférico por el aumento de la cobertura forestal se estimaron hasta 35 % para 2050, lo que representa 21 123.05 kt CO₂³⁴ (Somoza et al. 2016). Considerando también la reforestación como una medida de mitigación, desde 2010 hasta finales de 2018, la superficie cubierta de bosques del país aumentó hasta 31.49 %. Durante este período, el aumento promedio del área cubierta por bosques artificiales establecidos (mayores de 3 años), empleando solo fuentes financieras nacionales, fue de 8315 ha/a (INAF, 2019) y el balance neto de emisiones 2016 del sector forestal reportó la remoción de 5.96 tC/ha/a por esos bosques. En total, en el período 2010-2018 fueron reforestadas 74 835 ha. Ello implicó una remoción de la atmósfera de 1 618 930 tCO₂.³⁵

Cambio de Categoría de Bosque en la Empresa Forestal Integral. El patrimonio forestal administrado por la Empresa Forestal Integral (EFI), Victoria de Girón, el mayor del país a cargo de una empresa, fue transferido a la administración del Grupo Empresarial para la Conservación de la Flora y la Fauna, con lo que varieron totalmente sus objetivos de manejo, pasando a ser un Área Protegida de Recursos Manejados. Sin embargo, dada la categoría de área protegida que le fue asignada, en lugar de cambiar la categorización de los bosques productores a bosques protectores, se optó por disminuir los niveles anuales de aprovechamiento forestal de los bosques productores en más del 80 %, con respecto a los reportados por la EFI, modificación que ha tenido resultados similares a los previstos en términos de mitigación, pero probablemente a un costo neto inferior al inicialmente calculado, por mantener vigente un determinado nivel de producción de madera comercializable. Considerando que no se dispone de una perspectiva inmediata de recategorización de los bosques de esta área protegida, se decidió dar por concluida la implementación de esta alternativa de mitigación.

³³ En la 2CN, estos sectores fueron evaluados de forma independiente, en este reporte se unifican.

³⁴ Esas estimaciones se realizaron por la metodología de las Guías IPCC 1996.

³⁵ Las estimaciones fueron realizadas por la metodología IPCC 2006, que suma, además de la captura de la masa arbórea, la captura subterránea.

Producción de biogás a partir de desechos en instalaciones porcinas. El objetivo de la acción de mitigación es reducir los GEI en el sector porcino, a través del tratamiento de las aguas residuales y el uso del biogás para la producción de calor y electricidad. Desde 2013 se trabaja en la búsqueda de financiamiento para la formulación del programa. Se inscribió en la CMNUCC como NAMAs (NAMA Seeking Support for Preparation). En la actualidad se trabaja con la FAO y el Banco Centroamericano de Integración Económica, como entidad acreditada para presentar una propuesta PPF al Fondo Verde del Clima, para concluir la elaboración del proyecto.

4.4.2 Otras opciones asociadas a la mitigación

Posterior a las opciones evaluadas durante la SCN y a las analizadas durante el proceso de conformación de las CND, se han evaluado otras opciones de mitigación, en cumplimiento del compromiso de ampliar la ambición de la CND que será comunicada en el año 2020. Estas acciones se centran en los subsectores transporte y forestal.

Sector Transporte: reducción del consumo de combustibles fósiles en el transporte automotor. Tiene como objetivo contribuir a la reducción del consumo de combustibles fósiles en el transporte automotor. Durante el período 2016-2018 se han introducido 40 ómnibus híbridos, de la marca Yutong, en fase de prueba en las condiciones locales y se ha evaluado a partir de su explotación, que éstos realizan 26.02 l/100 km, lo que es inferior a los 50.5 l/100 km que hace el Yutong diésel tradicional. Esto significa una disminución de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera de 51.5 %. También incluye medidas organizativas para la remotorización y para la introducción de vehículos híbridos y eléctricos³⁶.

Esta medida está siendo evaluada técnicamente para ser modificada y propuesta como una de las opciones que puede incrementar la ambición de la Primera CND del país al 2030, teniendo en cuenta que en estos momentos se encuentra en proceso de aprobación la propuesta de política para el uso y desarrollo perspectivo de los vehículos eléctricos en el transporte automotor 2020-2030.

³⁶ El sector implementa varios proyectos con financiamiento internacional para evaluar la introducción de vehículos eléctricos en Cuba (ver Tabla 4.2).

Sector Forestal: incremento del área boscosa. El área susceptible de ser cubierta por bosques era al término de 2018 de 3 573 400 ha, de las que ya se encontraban cubiertas 3 269 400 ha y quedaban por cubrir 304 000 ha (DFFFS, 2019). Durante el período 2010-2018, el aumento promedio del área cubierta por bosques artificiales establecidos (mayores de 3 años), empleando solo fuentes financieras nacionales, fue de 8 315 ha/a (INAF, 2019) y el balance neto de emisiones 2016 del sector forestal reportó la remoción de 5.96 tC/ha/a por esos bosques. Partiendo de esos valores, se propusieron alternativas de mitigación, basadas en el aumento del área cubierta por bosques:

1. Mantener el ritmo de reforestación del período 2010-2018, empleando exclusivamente fuentes financieras nacionales, lo que permitiría aumentar en 80 000 ha el área cubierta de bosques artificiales establecidos entre 2019 y 2030, a un costo de 1960 millones de pesos (\$24.500/ha), removiendo 115.7 millones de t CO₂ atmosférico en ese período (\$16.94/t CO₂ removida de la atmósfera) y completar en 37 años (2055) la cobertura boscosa del área forestal nacional (BAU; alternativa incondicional).
2. Duplicar el ritmo de reforestación promedio del período 2010-2018, contando, además, con un apoyo de financiamiento internacional, por un monto de 2290.8 millones de USD, lo que permitiría aumentar en 165 000 ha el área cubierta de bosques artificiales establecidos entre 2019 y 2030, removiendo 169.9 millones de t CO₂ atmosférico en ese período (\$23.79/t CO₂ removida de la atmósfera) y completar en 19 años (2037) la cobertura boscosa del área forestal nacional (segunda alternativa de mitigación condicional).

4.5 Utilización de instrumentos de la convención

4.5.1 Mecanismo para el Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto

Bajo el Protocolo de Kioto se realizó un trabajo de identificación de proyectos relacionados con el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Al finalizar el primer período de implementación del Protocolo de Kioto, en el año 2012 se disponía en Cuba de 4 proyectos MDL, con diferente grado de desarrollo y en diferentes etapas de aprobación. Estos proyectos se presentan en la tabla 4.1.

La no entrada en vigor del segundo período del Protocolo de Kioto y la caída de los precios en el mercado regulado de carbono, condujo a la pérdida de los incentivos iniciales para la continuidad de dos de estos proyectos

(No. 2 y 4). No obstante, los dos restantes (No. 1 y 3), referidos a la conversión de ciclo abierto a ciclo combinado en ENERGAS Varadero y ENERGAS Jaru-co, se ejecutaron como estaba concebido en los proyectos MDL. Entre los años 2012-2016, en estas plantas se generó una electricidad de 12.72 TWh. Se ha estimado que en ese período se produjo una reducción total de emisiones de 4.75 millones de tCO₂eq, como estaba previsto de conjunto en esos dos proyectos.

4.5.2 Acciones nacionales apropiadas de mitigación

Dentro de los proyectos de mitigación se identificó una acción de mitigación nacionalmente apropiada (NAMAs, en inglés) que se tituló *Reducción de gases de efecto invernadero en la producción porcina cubana*, que fue inscrita en el registro de la CMNUCC para la solicitud de apoyo para su preparación (NAMAs Seeking Support for Preparation)³⁷.

En la Primera CND se informó la contribución de mitigación referida al aprovechamiento de los residuos orgánicos para la producción de biogás, y la obtención de bioabonos que remplazan fertilizantes químicos, coadyuvando a la reducción de las emisiones y a la disminución de la contaminación de cuencas hidrográficas y bahías. Esta actividad se ha continuado desarrollando y, en estos momentos, se trabaja con el apoyo de FAO y el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), para presentarla al Fondo Verde del Clima para su apoyo financiero.

4.5.3 Proyectos internacionales que tributan a la mitigación

Actualmente, con el apoyo de distintos mecanismos internacionales de financiamiento climático, en el país se ejecutan varios proyectos que tributan directamente a la mitigación. A continuación, se relacionan estos proyectos (Tabla 4.2).

³⁷ https://www4.unfccc.int/sites/PublicNAMA/_layouts/un/fccc/nama/NamaSeekingSupportForPreparation.aspx?ID=178&viewOnly=1

Tabla 4.1 Proyectos planificados bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en Cuba, al finalizar el año 2012

Título del proyecto	Estado del proyecto MDL al cierre del año 2012	CERs esperados
ENERGAS Varadero: conversión de ciclo abierto a ciclo combinado	Expedición de CER	342 235 tCO ₂ eq/año
Captura y destrucción de CH ₄ en el vertedero de Calle 100, en La Habana; y Gascón, en Santiago de Cuba	Expedición de CER	123 162 tCO ₂ eq/año
ENERGAS Jaruco: conversión de ciclo abierto a ciclo combinado	Validación internacional	607 335 t/CO ₂ eq/año
Reducción de las emisiones de CO ₂ en la producción de cementos con aditivos en Cementos Cinco Enfuegos S.A. Cuba	Revisión por la EA	66 000 tCO ₂ eq/año

Tabla 4.2 Proyectos internacionales que tributan a la mitigación

Proyecto	Monto en USD (instrumento financiero)	Estado actual del proyecto
Bioenergía: tecnologías de energía limpia para las áreas rurales	22 000 000 (donación GEF y otros donantes)	Implementación
Sistemas de transporte bajo en carbono en La Habana	1 800 000 (donación GEF)	Implementación
E-mobility: avanzando en un enfoque regional para la movilidad eléctrica en América Latina	200 000 (donación Fondo Verde)	Implementación
Programa de apoyo al desarrollo de las fuentes renovables y la eficiencia energética	18 000 000 (donación Unión Europea)	Implementación
Plan de movilidad urbana sostenible y proyecto piloto en La Habana	600 000 (donación Euroclima +)	Aprobado para iniciar implementación en 2020
Edificios energéticamente eficientes (3 x E) para la contribución a la reducción del consumo de combustibles fósiles y la emisión de GEI	1 100 000 (donación Euroclima +)	Aprobado para iniciar implementación en 2020

4.6 Escenarios de mitigación al 2030

La aplicación de la metodología de escenarios en la Segunda Comunicación Nacional (SCN) permitió evaluar 35 opciones de mitigación, sin representar estas compromisos oficiales ni necesariamente estar insertadas dentro de programas y proyectos específicos. No obstante, algunas de ellas, con otras precisiones de información, se han ido desarrollando y constituyendo objetivos de la política nacional recogidas en el Plan de Desarrollo Económico y Social al 2030, y presentadas en la Contribución Nacionalmente Determinada a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. En la actualidad, bajo esta misma metodología se están estimando escenarios de mitigación, utilizando la “Caja de herramientas” de Godet, para realizar una exploración de los futuros probables y el Screening y el LEAP, recomendados por el IPCC en las Guías de Buenas Prácticas de 1997 y 2006. Estos nuevos escenarios de mitigación serán ampliamente empleados en la Cuarta Comunicación Nacional.

**Tercera Comunicación Nacional a la Convención
Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático**

CAPÍTULO 5. OTRA INFORMACIÓN PERTINENTE PARA EL LOGRO DEL OBJETIVO DE LA CONVENCIÓN

5.1 Introducción

En correspondencia con las Directrices para la Preparación de las Comunicaciones Nacionales de las Partes no pertenecientes al Anexo I, en particular, en su sección V - Otra información que se considere pertinente para el logro del objetivo de la Convención; en este capítulo se incluye información sobre las actividades relacionadas con: transferencia de tecnología; observación sistemática e investigación; educación, capacitación y sensibilización de la opinión pública; fomento de la capacidad; e información y trabajo en redes; destacándose, por la relevancia que en Cuba tiene, las relativas a los sistemas de vigilancia y alertas tempranas, y la cooperación Sur-Sur.

5.2 Políticas de ciencia, tecnología e innovación

En este acápite se ofrece información sobre los programas de investigación científica que se desarrollan, focalizados en alcanzar un mejor entendimiento del cambio climático, sus impactos y mitigación. Las investigaciones específicas sobre medidas para mitigar el cambio climático y para facilitar la adaptación adecuada, la obtención de factores de emisión y de datos de actividad correspondiente a los inventarios de GEI, están descritos en los capítulos correspondientes de esta Comunicación Nacional.

En la Segunda Comunicación Nacional se realizó una evaluación preliminar de la capacidad nacional para la transferencia de tecnología para la mitigación y la adaptación al cambio climático. Se estableció hasta qué nivel los conocimientos disponibles; las competencias existentes; los instrumentos y regulaciones vigentes y los sistemas de información, de comunicación y de interrelación entre actores, garantizan el proceso, considerando los escenarios político, económico, social y ambiental actual y el proyectado. Este análisis se realizó en los sectores: energético, hídrico, forestal y agrícola. Se

incluyó también información sobre numerosas acciones relacionadas con la transferencia de tecnología, con especial destaque a las realizadas a nivel local, por su influencia directa en la población de las comunidades y las actividades que en ellas se realizan.

5.2.1 Políticas de ciencia, tecnología e innovación

“El Estado promueve el avance de la ciencia, la tecnología y la innovación como elementos imprescindibles para el desarrollo económico y social. Igualmente implementa formas de organización, financiamiento y gestión de la actividad científica; propicia la introducción sistemática y acelerada de sus resultados en los procesos productivos y de servicios, mediante el marco institucional y regulatorio correspondiente” (Artículo 21 de la Constitución de la República de Cuba).

El país trabaja en instrumentar la “Política para la reorganización del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación”. La misión es fomentar la generación, asimilación y aplicación de conocimientos y tecnologías; y estimular y propiciar el aprendizaje y la innovación en todas las esferas de la vida económica y social, a fin de contribuir al desarrollo sostenible; mejorar la calidad de vida y fortalecer la identidad cultural, el desarrollo de la conciencia social, la seguridad, la defensa y la preservación de la independencia de la nación.

La visión al 2030 del “Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación”, es incrementar su aporte al desarrollo económico y social del país. Participar con actividades de mayor contenido tecnológico en la conformación del PIB, el logro del equilibrio financiero interno y externo, la elevación de la calidad de vida y el bienestar de la población. Contribuir al perfeccionamiento de la dirección de la sociedad socialista, la formación de valores y a la preservación de la identidad cultural y del medioambiente, la defensa y seguridad nacional y la integración con América Latina y el Caribe.

La formación de capital humano, la generación de conocimientos y la transferencia de tecnologías, son potencialidades de las universidades y entidades de ciencia, tecnología e innovación, para la conexión con las entidades de producción y/o servicios, así como territorios o localidades; aprovechando la fortaleza que les distingue, por el personal que trabaja en esas instituciones. Hay que destacar que esta visión se corresponde con los seis ejes estratégicos de las bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030, diseñados para asegurar el enfoque integral y sistemático en el proceso de elaboración de la estrategia de desarrollo, en particular con los tres siguientes:

potencial humano, ciencia, tecnología e innovación; recursos naturales y medioambiente; y desarrollo humano, equidad y justicia social.

Otras de las políticas aprobadas son el establecimiento de parques científico-tecnológicos y empresas de alta tecnología, que funcionan como interface entre las universidades y entidades de ciencia, tecnología e innovación con las entidades productivas y de servicios. Con ello se profundiza la vinculación de las universidades y las entidades de ciencia, tecnología e innovación, con dichas entidades productivas y de servicios priorizadas para el desarrollo nacional.

Según el Decreto 363, “Los parques científicos y tecnológicos, en lo adelante Parque, se definen como la organización gestionada por profesionales especializados, cuyo objetivo fundamental es incrementar la riqueza de su comunidad promoviendo la cultura de la innovación y la competitividad de las empresas e instituciones generadoras de saber instaladas en el Parque o asociadas a él; estimula y gestiona el flujo de conocimiento y tecnología entre universidades, instituciones de investigación, empresas y mercados; impulsa la creación y el crecimiento de empresas innovadoras mediante mecanismos de incubación y de generación centrífuga; y proporciona otros servicios de valor añadido, así como espacio e instalaciones de gran calidad”. (Cuba, 2019).

Este mismo Decreto 363 define las empresas de alta tecnología de la siguiente manera: “Las empresas de Ciencia y Tecnología, en lo adelante Empresas, que funcionan como interface entre las universidades y entidades de ciencia, tecnología e innovación con las entidades productivas y de servicios, sin interferir en la misión de la universidad, tienen como objeto social la gestión de proyectos de investigación, desarrollo e innovación comercializables; la transferencia de tecnología, la realización de consultorías y asesorías asociadas a los proyectos y comercialización de otros intangibles, con la participación de profesores, investigadores, estudiantes y especialistas de diferentes instituciones, logrando ser sostenible”.

5.2.2 Investigación para el cambio climático

El “Sistema de programas y proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación”, dirigido por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (Citma), es la forma organizativa para la planificación, financiamiento, ejecución, evaluación y control de las actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), que se ejecutan fundamentalmente a través de proyectos. Como parte de este Sistema, los programas de ciencia, tecnología e innovación tienen el objetivo de dar una respuesta científicamente argumentada, para la solución

de un problema identificado en prioridades nacionalmente establecidas. Estas prioridades han sido definidas por el Citma, en concordancia con los “Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021”. Desde el año 2013, se han estado ejecutando cuatro programas nacionales de ciencia, tecnología e innovación de interés nacional:

Cambio climático en Cuba: impactos, mitigación y adaptación

Objetivo: estimar escenarios climáticos y medioambientales futuros; con el propósito de ofrecer alternativas científicamente fundamentadas, para la adopción oportuna de medidas de mitigación y adaptación, que de la forma más económica, objetiva y eficiente posible, reduzcan los impactos adversos del cambio climático sobre el medioambiente, los ecosistemas, los recursos naturales, los sectores económicos priorizados y el bienestar humano; 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.

Uso sostenible de los componentes de la diversidad biológica en Cuba

Objetivo: generar nuevos conocimientos, que permitan incrementar la conservación y uso racional de la diversidad biológica, con énfasis en el nivel ecosistémico, así como en sus interrelaciones entre sus entidades y los componentes abióticos.

Meteorología y desarrollo sostenible del país

Objetivo: perfeccionar y desarrollar servicios meteorológicos que beneficien el desarrollo económico y social, y la protección de la vida humana y los bienes materiales a escala nacional, regional y local.

Desarrollo de fuentes renovables de energía

Objetivo: Completar los conocimientos y estudios de viabilidad para las tecnologías conocidas, así como la asimilación de nuevas tecnologías necesarias para incrementar el aprovechamiento y desarrollo perspectivo de las fuentes renovables de energía en Cuba hasta 2030. Los resultados de este programa facilitarán el desarrollo de una estrategia en la utilización perspectiva de estas

fuentes, contribuirá al incremento de la integración de resultados científicos, aportará beneficios en lo económico y generará beneficios sociales y ambientales.

Los dos primeros programas son gestionados por la Agencia de Medio Ambiente (AMA) del Citma, el tercero por el Instituto de Meteorología y el cuarto por la Dirección de Fuentes Renovables de Energía del Ministerio de Energía y Minas (Minem).

La AMA es responsable de otras dos importantes actividades relacionadas con las acciones que en el país se llevan a cabo para el enfrentamiento al cambio climático: los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo y el macroproyecto: “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana, asociados al ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100”.

También se desarrollan varios proyectos internacionales con el apoyo financiero del GEF e implementados por el PNUD y otras agencias del sistema de Naciones Unidas y de la colaboración internacional, que con sus resultados contribuyen a dar respuesta a los desafíos del cambio climático:

- Programa de Asociación de País “Apoyo al programa de lucha contra la desertificación y la sequía” (CPP OP-15). Proyecto GEF/PNUD/PNUMA.
- 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 (Conectando Paisajes). Proyecto GEF/PNUD.
- Mejorando la prevención, control y manejo de especies exóticas invasoras en ecosistemas vulnerables en Cuba. Proyecto GEF/PNUD.
- Tercera Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Proyecto GEF/PNUD.
- Iniciativa de finanzas para la biodiversidad (BIOFIN). Proyecto GEF/PNUD.
- Proyecto “Sistema de transporte bajo en carbono en La Habana (NEOMOVILIDAD)”.

Otro de los programas que contribuye al enfrentamiento al cambio climático es el “Programa de innovación agrícola local PIAL”, liderado por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) y financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), que fomenta el aumento de la producción agrícola sostenible y la generación de energía mediante soluciones locales. También el proyecto “La biomasa como fuente renovable de energía para el medio rural BIOMAS-Cuba”, gestionado por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, con financiamiento de COSUDE, contribuye al enfrentamiento al cambio climático al promover el uso de la biomasa como fuente renovable de energía en el entorno rural, y trabajar para lograr sistemas socio ecológicos resilientes para la mitigación y la adaptación al cambio climático.

El Ministerio de Educación Superior (MES), como organismo rector de las universidades cubanas, ha dirigido su trabajo vinculado con el medioambiente en varias direcciones. Una de las principales es la relacionada con la investigación científica, en búsqueda de alternativas viables para la mitigación y la adaptación al cambio climático, como fundamento para el desarrollo sostenible cubano. Desde 2015, las investigaciones principales se han organizado en más de 100 proyectos de I+D+i, orientados a buscar soluciones en áreas priorizadas y estratégicas, que quedaron establecidas en la Tarea Vida, a partir de 2017:

- **Seguridad alimentaria;** con impactos en la gestión integral de buenas prácticas para una agricultura sostenible y la restauración ecológica de agroecosistemas, en la innovación agropecuaria local, en los análisis de riesgos y determinación de peligros por plagas y enfermedades, en la obtención de semillas resistentes a la sequía y la salinidad, en el fortalecimiento de capacidades locales y el empoderamiento de la mujer productora.
- **Hábitat y construcciones;** con impactos en el cálculo de vulnerabilidades y resistencia de materiales, a partir de la modelación de procesos severos, así como en la producción de cemento bajo en carbono.
- **Arrecifes coralinos, recuperación de playas y manejo integrado de la zona costera;** con impactos en la determinación de escenarios de peligro, vulnerabilidad y riesgo, y el aporte de soluciones a problemas de acidificación del mar, ciclo y secuestro de CO₂, florecimiento de algas tóxicas, especies invasoras, contaminación ambiental, erosión-

sedimentación-transporte de nutrientes y contaminantes, eutrofización y calidad de embalses de aguas.

- **Educación, sensibilización y comunicación ambiental;** se ejecutan proyectos que han aportado metodologías y procedimientos para el fortalecimiento de capacidades y la formación de los recursos humanos necesarios para incrementar los niveles de percepción y preparación de profesionales, personas con responsabilidades de dirección y público en general, para el enfrentamiento al cambio climático.
- **Recuperación forestal de cuencas y zonas mineras;** con impacto en la recuperación ecológica de ecosistemas degradados y la captura de CO₂
- Fuentes renovables de energía y eficiencia energética.

La presentación y discusión de los resultados de las investigaciones científicas mencionadas, han tenido como escenarios paneles, conferencias magistrales y ferias expositivas, en eventos científicos realizados en el país y en el extranjero. Hay tres eventos que, por su relevancia nacional e internacional, deben ser mencionados específicamente. Desde el año 2015 se realizan cada 2 años el Congreso de Cambio Climático, en el marco de la Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo en La Habana. También cada 2 años, el MES y las universidades cubanas, convocan el Congreso Internacional de Educación Superior (“Universidad”); reconocido como un ámbito académico que apunta al diálogo reflexivo, profundo y abierto entre actores de la educación superior, con la sociedad en la que se encuentran insertados, en función de evaluar las mejores soluciones a los acuciantes problemas presentes en la realidad de los países y regiones, por los impactos del cambio climático. En este congreso, los temas de energía, medioambiente y desarrollo tienen un escenario para el debate en el marco de las universidades; así como de otros temas relacionados, como son los desastres provocados por fenómenos naturales, la seguridad y soberanía alimentaria. Finalmente, cada 2 años se convoca al congreso “Pedagogía” donde se desarrolla un simposio relacionado con la educación ambiental para el desarrollo sostenible. Estos congresos se han ido consolidando como un espacio vital para el debate y el intercambio de experiencia, como vía para aunar esfuerzos y establecer alianzas de cooperación en la búsqueda de soluciones a los problemas educativos existentes en nuestras sociedades, incluyendo el cambio climático: adaptación, mitigación y su integración al proceso educativo escolar.

5.2.3 Contribución al IPCC y a la CMNUCC

Especialistas de Cuba han tenido una activa participación en los ciclos de evaluación del IPCC y sus Reportes Especiales. Doce expertos cubanos fueron acreedores del diploma de reconocimiento por el premio Nobel de la Paz, recibido por el Panel en el año 2007. También expertos nacionales han ocupado cargos de responsabilidad en la Mesa de Dirección del IPCC, y en el ciclo actual, varios expertos trabajan en todas las categorías, desde autores a evaluadores. Por otra parte, Varios expertos cubanos han servido como miembros de diferentes órganos de la CMNUCC y el Protocolo de Kioto, entre ellos, el Grupo Consultivo de Expertos (CGE, en inglés), el Comité de Cumplimiento del Protocolo de Kioto y la Junta del Fondo de Adaptación de dicho Protocolo. Expertos cubanos también han participado en el proceso de revisión de las comunicaciones nacionales de países del Anexo I de la Convención y en el análisis técnico internacional de los Informes Bienales de Actualización (IBA) de las Partes no pertenecientes al Anexo I de la Convención.

5.2.4 Transferencia de tecnología y conocimientos

La Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación del Citma, es la entidad nacional designada para el “Mecanismo de Tecnología de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”. En razón de ello, definió áreas prioritarias, coherentes con: los sectores económicos estratégicos del Plan 2030, el Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático, la Estrategia Ambiental Nacional, y las propuestas que se preparan para el Fondo Verde del Clima. Del mismo modo, se identificaron como prioridades las propuestas relativas a cambios en la matriz energética; la seguridad alimentaria y la adaptación basada en ecosistema.

Fuentes renovables de energía

Desde antes del año 2013, tomando en cuenta la situación energética y la estructura de la generación basada en combustibles fósiles, se decidió transformar la matriz energética. En el año 2014 se aprobó la “Política para el desarrollo perspectivo de las fuentes renovables de energía y la eficiencia energética”. Los objetivos fundamentales se centran en aumentar el por ciento de utilización de las fuentes renovables de energía, no incrementar la dependencia de importaciones de combustibles para la generación de electricidad,

reducir costos y la contaminación medioambiental. Bajo estas premisas, se trabaja intensamente para incrementar la participación de las fuentes de energías limpias en la generación eléctrica, con la finalidad de alcanzar la sustitución progresiva de los combustibles fósiles, la diversificación de la estructura de los combustibles empleados en la generación, la elevación de la eficiencia y ahorros energéticos.

Este escenario ha propiciado la ocurrencia de casos exitosos de transferencia de tecnologías más amigables con el clima. En ello se incluye el incremento de la cogeneración; la adecuación del SEN con las condiciones para la introducción de las fuentes renovables de energía, y la elevación de la eficiencia energética en la quema de combustibles fósiles. Para el año 2030, el país debe generar 24 % de su electricidad mediante fuentes renovables, a través de la biomasa de la caña de azúcar, paneles solares, parques eólicos y pequeñas centrales hidroeléctricas.

Los mayores avances se han logrado en la utilización de la energía solar fotovoltaica, con más de 60 parques construidos. Otras acciones han sido el despliegue de varios parques eólicos y, en menor medida, centrales hidroeléctricas. También se ha iniciado la construcción de plantas bioeléctricas que funcionarán a base del bagazo de caña, marabú y otros desechos maderables. En todas las áreas de generación eléctrica con fuentes renovables, existen planes a corto y mediano plazos, con inversiones nacionales, mixtas con capital extranjero y nacional o con inversión totalmente extranjera. Estos procesos de inversión han conllevado la asimilación de tecnologías modernas, procedentes de diferentes países, que implican la capacitación de fuerza de trabajo calificada.

Introducción de transportes eléctricos

Los esfuerzos dirigidos a la seguridad e independencia energética, reducir la dependencia del petróleo, a la disminución de las emisiones de GEI, que incluye también al transporte, constituyen una alternativa estratégica.

La electrificación del sector del transporte es una alternativa muy atrayente para mejorar la eficiencia energética y la calidad del servicio que este presta. Es una importante contribución a la reducción de las emisiones de GEI y de la contaminación urbana, además mejora la calidad de vida de las personas. Esto lleva consigo la transferencia de tecnologías modernas, que deben ser asimiladas por las empresas involucradas, así como la calificación adecuada de los recursos humanos que las implementarán. Se encuentran ya

en explotación más de 90 vehículos, ómnibus urbanos híbridos y un ómnibus totalmente eléctrico, triciclos eléctricos, un número limitado de autos ligeros y más 20 camionetas (de tecnología japonesa).

El experimento con estos vehículos se encuentra en dos fases: a prueba y en explotación en pequeñas flotas. Se estudia cual se adapta mejor a las condiciones y necesidades del país. En este sentido, también se valora la tendencia que existe a nivel mundial, las ventajas y desventajas del uso de esta tecnología, y cuál de los tipos de vehículos que se explotan son más beneficiosos, desde el punto de vista económico, energético, su mantenimiento y su impacto medioambiental.

Con financiamiento del Programa de pequeñas donaciones (PPD) del GEF, se encuentra en proceso un proyecto de escala local, consistente en la introducción de triciclos eléctricos en los municipios de Centro Habana y Habana Vieja, en La Habana. Adjunta a la cooperativa de CUBATAXI, se desarrollará una piquera de más de 20 triciclos eléctricos con capacidad para seis pasajeros, que beneficiarán zonas de alta densidad poblacional, viabilizando la movilidad y conectando hospitales, escuelas y la estación central de ferrocarril. El proyecto incluye la construcción de un parque fotovoltaico de 10 kW, que tributaría a la red nacional, aproximadamente 100 % de la energía que consumen los triciclos en un día de trabajo. La carga de las baterías de los triciclos será en la noche, cuando la demanda eléctrica es mucho menor, lo que beneficia al sistema electro-energético en las horas de alta demanda. Se trabaja también en la transferencia a Cuba de la tecnología de producción de estos vehículos, incluyendo la capacitación de técnicos en la fábrica china, y la reconversión de una planta que actualmente produce los triciclos con motor de combustión interna.

Transferencia de tecnología y conocimientos a escala local

Programa de pequeñas donaciones

Es un programa del GEF en Cuba, que trabaja en colaboración con universidades, centros de investigaciones y autoridades gubernamentales. El Programa ha tenido notables éxitos en la transferencia de tecnología a escala local, a través de su estrategia de Innovación/Inclusión/Impacto en el área de cambio climático. Al respecto, se citan los siguientes resultados:

- Transferencia de la tecnología de biodigestores tubulares de geomembrana de PVC de 10 m³, en pequeños productores porcinos (630 sistemas en explotación).
- Utilización del biogás en la cocción de alimentos en las viviendas, disminuyendo el consumo de electricidad en más de 10 % como promedio, según factura de la Empresa Eléctrica.
- Creada una capacidad de biodigestión de más de 15 mil m³ instalados y una producción estimada de más de 6 mil m³ de biogás por día.
- Transferencia de la tecnología para la construcción de un gaseoducto de biogás, para la gasificación de 50 viviendas, a partir de la generación de biogás por el tratamiento de residuales de un gran productor de cerdos.
- Montaje de dos parques fotovoltaicos de 30 kW, en una minindustria de materiales de la construcción en Maisí, provincia de Guantánamo y en una minindustria de alimentos, en una cooperativa agrícola de Güira de Melena, provincia de Artemisa.
- Desarrollo de la primera comunidad agrícola baja en carbono, que incluye: un parque fotovoltaico para una minindustria de alimentos de 40 kW; sistemas de 600 watts instalados en 30 viviendas, con inyección a la red, montaje de biodigestores en la actividad pecuaria; montaje de molinos de viento para el abasto de agua al ganado; e instalación de sistemas de cosecha de agua en las viviendas.

Proyecto Bases ambientales para la sostenibilidad alimentaria local. Proyecto Unión Europea/COSUDE/PNUD

En las entidades que participan, se establecen sistemas de generación y gestión de información y conocimiento ambiental y productivo. Esto permite mejorar el uso de la información para la adaptación al cambio climático; consolidar los sistemas de recolección, integración y disseminación de información meteorológica y productiva, y compartir la información hacia otros municipios y a nivel nacional; además de fortalecer la sinergia con otros programas y proyectos en ejecución.

La creación de fincas-escuelas en los municipios de intervención de Basal favorece la irradiación de los conocimientos y prácticas de medidas de adaptación, a otras unidades productivas del territorio, que no son beneficiarias directas del proyecto, con lo cual se favorece la sostenibilidad de los recursos naturales y su impacto positivo en la seguridad alimentaria local. Estas fincas son un espacio de producción agropecuaria, demostrativo de buenas prácticas y de resultados en la implementación de medidas de adaptación al cambio

climático, que combina el mantenimiento de rendimientos productivos, la sostenibilidad alimentaria y promueve la igualdad y equidad de género.

Programa de Asociación de País para el Manejo Sostenible de Tierras “Apoyo al Programa de Lucha contra la desertificación y la Sequía” (OP-15). Proyecto GEF/PNUD/PNUMA

El OP-15 reconoce a fincas o unidades productivas que apliquen medidas de Manejo Sostenible de Tierras (MST). El MST persigue el objetivo de mostrar cómo manejar los suelos para obtener bienes y servicios suficientes, y de calidad, sin comprometer el estado de los recursos naturales y su capacidad de auto recuperación, constituyendo un aporte importante al enfrentamiento a la sequía y a la reducción de las vulnerabilidades del presente y bajo los futuros escenarios climáticos. Su implementación forma parte de la estrategia nacional para incrementar la seguridad alimentaria.

El proceso de reconocimiento de áreas bajo MST, constituye una experiencia novedosa, que logra cerrar un ciclo, en el que se integran actores económicos, ambientales, científicos, educadores, productores agropecuarios, el sector bancario y los gobiernos locales.

El MST se basa en un conjunto de principios y una guía para su implementación. Consta de un manual para utilización en las áreas bajo manejo sostenible.

Proyecto Manglar Vivo: “Reducción de la vulnerabilidad a las inundaciones costeras mediante la adaptación basada en ecosistema (ABE) en el sur de las provincias Artemisa-Mayabeque. Proyecto Fondo de Adaptación del Protocolo de Kioto/PNUD

El área costera de aplicación de este proyecto es muy afectada por los huracanes, el ascenso del nivel del mar y la intrusión salina en los acuíferos y la salinidad en las tierras de cultivo. Los manglares constituyen una barrera natural ante estos fenómenos, pero su salud está muy afectada debido a la fuerte explotación del recurso y a la construcción de obras civiles que alteraron su funcionamiento. Se decidió enfrentar este problema mediante la recuperación del bosque de mangle, una medida de adaptación basada en el ecosistema (ABE), una de las prioridades identificadas por el Mecanismo de Tecnología de la CMNUCC.

Con este proyecto se pretende integrar la adaptación al cambio climático y en las estrategias de desarrollo local, a través de la ABE; aumentar la resiliencia a los efectos del cambio climático de las poblaciones que viven en la zona de estas provincias y protegerlas de los efectos de las inundaciones, la erosión y la intrusión salina, así como fortalecer las capacidades de los actores locales para aplicar medidas de adaptación al cambio climático, especialmente las ABE.

5.3 Observación sistemática, datos y alertas tempranas

Los sistemas de alerta temprana y de observación del clima, la hidrología y los fenómenos marinos; el uso del potencial de la ciencia y la tecnología y las acciones de educación para lograr la mejor comprensión y sensibilización de la población; son fortalezas con que cuenta Cuba para el enfrentamiento al cambio climático y también participa activamente en los sistemas de observación climática y meteorológica regional y mundial.

5.3.1 Observación sistemática

La observación sistemática es una de las tareas fundamentales que desarrollan las instituciones cubanas relacionadas con la vigilancia del sistema climático. Por su importancia estratégica en el “Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático”, la Tarea 9 está dirigida a “fortalecer los sistemas de monitoreo, vigilancia y alerta temprana para evaluar sistemáticamente el estado y calidad de la zona costera, el agua, la sequía, el bosque, la salud humana, animal y vegetal”. Varias instituciones del país operan sistemas de observación sistemática y realizan alertas que contribuyen al cumplimiento de dicha tarea.

Observaciones meteorológicas

El Instituto de Meteorología (Insmet, AMA, Citma), tiene como misión principal, suministrar oficialmente en el país la información meteorológica y climática sobre el estado y comportamiento futuro de la atmósfera. Esta información es confiable y oportuna, y se dirige a velar por la seguridad de la vida humana y la reducción de las pérdidas de bienes materiales por desastres de origen meteorológico, contribuyendo directamente al bienestar de la comunidad y al desarrollo socioeconómico sostenible. El Servicio de la Vigilancia Meteorológica Nacional, está integrado por el Sistema Nacional de Observaciones (SNO), el Sistema Nacional de Telecomunicaciones y el Sistema

Nacional de Predicción Meteorológica. El SNO, cuya finalidad es el monitoreo sistemático de las variables meteorológicas en el territorio cubano, comprende 68 estaciones meteorológicas de superficie, con régimen de trabajo sinóptico (Figura 5.1). A esta red se adiciona la operada por el Instituto de Aeronáutica Civil de Cuba (IACC), integrada por estaciones meteorológicas ubicadas en los aeropuertos del país. El Insmet también realiza la vigilancia meteorológica por radar, con ocho equipos que cubren todo el territorio nacional (Figura 5.2).

Desde hace una década, la red de observaciones de superficie del Insmet inició un proceso de asimilación de estaciones meteorológicas automáticas (EMA), instalándolas, principalmente, en las mismas las estaciones meteorológicas convencionales que existen. Los principales soportes de telecomunicaciones de las estaciones son los sistemas de transmisión de datos, aunque se mantiene la telefonía y la radio convencional, como sistemas redundantes. En las estaciones de superficie están automatizados los procesos de introducción de los datos de observación, generación y transmisión de reportes y el control de la calidad a ese nivel. El Gobierno ha realizado un fuerte proceso inversionista para mejorar las instalaciones donde se encuentran ubicadas las estaciones y dotarlas de los medios técnicos correspondientes. La red de radares también se ha automatizado con recursos propios y el talento de especialistas nacionales.



Figura 5.1 Red de estaciones meteorológicas de superficie del Insmet.



Figura 5.2 Red de radares meteorológicos del Insmet.

Observación hidrológica

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), realiza el monitoreo de la precipitación y las variables hidrológicas, a través de redes de estaciones hidrológicas operadas bajo su administración. En estas estaciones se recopilan los datos e informaciones necesarios para evaluar y caracterizar los recursos hídricos del país. Cuenta con cuatro tipos de redes: pluviométrica, con 2050 estaciones de relativo bajo costo de instalación y operación; climática, con 13 estaciones; hidrométrica, con 38 estaciones y del nivel del agua subterránea, con 1683 pozos. Este Instituto igualmente opera la red de calidad de las aguas (REDCAL); su monitoreo abarca las aguas superficiales, entre las que se incluyen la mayoría de los embalses y las aguas subterráneas, en un total de 2315 estaciones, clasificadas en básicas (60 %) y de vigilancia (40 %).

Desde el punto de vista operativo existe una red Informativa de niveles del agua subterránea integrada por 18 % de la red total nacional; y se distribuye en las principales cuencas, zonas y tramos hidrogeológicos de la nación, permitiendo evaluar y alertar a las autoridades sobre el estado de los recursos de agua subterránea. Consta de 441 pozos de observación de niveles estáticos: 110 limnígrafos y 331 pozos de sondeo manual. En el sistema de vigilancia intervienen los 242 embalses con capacidad de almacenamiento superior a los 3 hm³, existentes en el país, bajo administración del INRH.

Observación del nivel del mar

La Red Mareográfica Nacional (RMN) se estableció a finales del año 1965, con el objetivo de recopilar, permanente e ininterrumpidamente, las variaciones que experimenta el nivel del mar relativo (IOC, 2006) en las costas cubanas.

Las primeras observaciones de marea se realizaron en Cuba entre los años 1947 al 1956 por el Servicio Geodésico Interamericano (Inter-American Geodetic Survey: IAGS), del ejército de los Estados Unidos de América con Cuba. Con la ruptura de las relaciones diplomáticas de los Estados Unidos, el IAGS retuvo en su poder los datos acopiados e interrumpió las mediciones.

La RMN, perteneciente a la Empresa Geocuba Geodesia del Grupo Empresarial Geocuba, surgió en el Instituto de Oceanología. En la actualidad cuenta con 19 estaciones mareográficas permanentes (Figura 5.3). Los datos se procesan de acuerdo con las normas internacionales establecidas por los manuales y guías más actualizados de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (IOC, 2006) y el sistema de calidad establecido en la Empresa Geocuba Geodesia (2004).



Figura 5.3 Red Mareográfica Nacional.

Se trabaja en el perfeccionamiento de esta red, para la transmisión de sus datos en tiempo real a escala nacional e internacional, y su ampliación a otras localidades en el sur del país. También se trabaja en la creación de capacidades para recibir y enviar las alertas a los centros nacionales que se establezcan en otros países de la región, y se dirigen los mayores esfuerzos a la creación de las capacidades necesarias de la preparación del personal en las nuevas tecnologías de acuerdo a los estándares internacionales.

Observación de la contaminación atmosférica

El Insmet opera una red integrada por dos estaciones automáticas en la provincia de La Habana, que realizan mediciones de gases reactivos y material

particulado inferior a 10 y 2.5 micras (PM 10 y PM 2.5). En esta misma provincia, el Ministerio de Salud Pública cuenta con una estación urbana para el control de la calidad del aire. El Insmet también opera cinco estaciones manuales principales que monitorean gases y la composición química de la lluvia, y quince estaciones manuales secundarias, que solamente muestran esta última variable, todas distribuidas por diferentes provincias del país.

5.3.2 Centros y bases de datos

El Insmet mantiene la administración de la base de datos meteorológicos del país, incluyendo en su patrimonio las observaciones meteorológicas realizadas por el Observatorio del Colegio de Belén desde mediados del siglo XIX. En esta institución existe un archivo de mapas meteorológicos originales, que data del año 1916. La conservación de esta valiosa información ha posibilitado la realización de importantes investigaciones sobre el comportamiento del clima y su variabilidad en Cuba. En 2004 se inició un proyecto para el rescate de los datos climáticos, en su ejecución se digitalizaron alrededor de 6 500 000 observaciones meteorológicas trihorarias. También se creó un Sistema de Administración de Datos Climáticos (CDMS), siguiendo las recomendaciones de la OMM y con tratamiento exhaustivo de metadatos, que incorpora a Cuba al grupo de naciones que han desarrollado herramientas de este tipo, elevando considerablemente el valor y la calidad de la información climatológica nacional. Una muestra de ello lo constituye el resumen de datos trihorarios de temperatura y humedad relativa, correspondientes al período 1981-2010, elaborado dentro de este proyecto.

La entidad encargada de la administración de la información pluviométrica de Cuba es el INRH. Se almacenan y procesan por los sistemas de información del Servicio Hidrológico más de 41 millones de registros (en formato digital) generados por las observaciones de las redes hidrológicas desde 1892. La información resultante de la observación periódica del ciclo hidrológico y en especial, de los eventos hidrometeorológicos extremos, es la base de los principales productos informativos del INRH, ya establecidos. Las autoridades del Gobierno y el Estado se mantienen actualizadas a través de los partes diarios de lluvia y de embalses, durante los 365 días del año. Estos partes tienen un carácter exclusivamente informativo. Cada 10 días se edita un documento de carácter público, el Boletín Hidrológico, que consta de análisis especializados sobre el comportamiento de los recursos hídricos e hidráulicos del país, realizados con datos confiables, procedentes de las redes de observación.

Ofrece toda la información necesaria como soporte para llegar a conclusiones y tomar las decisiones oportunas para el manejo de los recursos a mediano plazo, principalmente en el transcurso del período menos lluvioso del año y, en especial, durante los eventos de sequía. Se distribuye en formato digital vía correo electrónico a los principales usuarios y se pone a disposición del público general a través del sitio web <http://www.hidro.cu>.

El Instituto de Ciencias del Mar (Icimar), a partir de las series de alturas horarias del nivel del mar, genera los siguientes productos: tablas de mareas de la República de Cuba; caracterización espectral completa de las variaciones del nivel del mar de escala sinóptica de todo el archipiélago; tasa anual de ascenso del nivel medio del mar relativo, desde 1988 hasta la fecha y la proyección hasta fines de siglo; períodos de retorno de los valores extremos del nivel del mar y la caracterización de las condiciones del estado del tiempo que los originaron; caracterización sinóptico-meteorológica de los valores extremos del nivel medio del mar relativo; caracterización de la variabilidad mensual y de las anomalías mensuales del nivel del mar relativo; y representación de los planos de inundación permanente, temporal y de la fase intermareal sobre el modelo digital del terreno.

5.3.3 Contribución a los sistemas internacionales de observación

La República de Cuba, por medio de sus redes de observaciones hidrometeorológicas, contribuye a los principales sistemas de recopilación de datos de la OMM, entre ellos la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) y la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG). Cuatro estaciones meteorológicas del Sistema de Observación del Insmet tributan información al Sistema Mundial de Observaciones Climáticas (GCOS, en inglés). Estas estaciones envían mensualmente el mensaje CLIMAT al centro regional en Washington. El contenido de este mensaje puede ser visto en la página web <http://www.ogimet.com>.

La estación de La Palma, del Insmet, ubicada en la provincia de Pinar del Río, Región occidental de Cuba, forma parte de la red de estaciones de medición de la contaminación atmosférica del programa VAG, la que reporta datos de concentraciones de dióxido de nitrógeno.

Cuba participa en el proyecto “Sistema de Observación del Ciclo Hidrológico en el Caribe” (Caribe-HYCOS), componente regional correspondiente a los países insulares caribeños del “Sistema Mundial de Observación del Ciclo Hidrológico” (WYCOS, en inglés).

5.3.4 Alertas tempranas

La vulnerabilidad al cambio climático se reduce en la medida en que aumenta la capacidad de adaptación. Como parte de su capacidad de adaptación, Cuba dispone de sistemas de alertas temprana plenamente operativos; los que constituyen herramientas imprescindibles al tomar las decisiones más adecuadas ante situaciones creadas por la variabilidad del tiempo, el clima y el cambio climático, en particular por fenómenos extremos como ciclones tropicales, intensas lluvias o sequías severas. Los fortalecimientos de los sistemas de alerta temprana constituyen medidas de adaptación preventiva.

El modelo de gestión y prevención de riesgos de Cuba, es reconocido internacionalmente por su eficacia, dada por el nivel de organización y carácter preventivo. El sistema de la Defensa Civil abarca a todos los territorios del país, está organizado a todos los niveles de la división político-administrativa y la estructura correspondiente del Estado, y se apoya en el uso de todos los recursos humanos y materiales que pertenecen al Estado, las organizaciones económicas y sociales.

El Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030 establece: “Perfeccionar el Sistema de Defensa Civil para la reducción de desastres ante peligros de origen natural, tecnológico y sanitario, con un mayor uso de la ciencia y la tecnología, y desarrollar una eficaz y eficiente gestión integral de riesgos, con la activa participación de las comunidades, entidades, gobiernos locales y la sociedad en general, que minimice los daños, disminuya la vulnerabilidad costera para los asentamientos amenazados por el aumento del nivel del mar, viabilice la mejor evaluación económica del impacto de los desastres y de los costos de la adaptación a los efectos del cambio climático, y posibilite la recuperación rápida y organizada de las áreas y poblaciones afectadas”. Precisamente, contar con un sistema de alertas tempranas contribuye a la gestión eficaz y eficiente del riesgo.

Alerta temprana, avisos e informaciones sobre peligros

El Sistema Nacional de Pronósticos (SNP) es el órgano especializado del Insmet a nivel nacional, encargado de emitir la alerta temprana, los avisos e informaciones sobre la amenaza o la afectación de un fenómeno meteorológico peligroso, que pueda ocurrir en las islas y aguas jurisdiccionales de la República de Cuba. La alerta temprana se emite en caso de existir probabilidad de

cualquier evento meteorológico extremo pueda afectar al país en un período de 48 a 120 horas. Su uso es interno en el SNP y para el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil e intereses de Gobierno a nivel nacional.

El Aviso de Ciclón Tropical es un documento informativo público sobre la existencia, características y pronósticos de los ciclones tropicales, que emite el Centro Nacional de Pronósticos. Se producen cada 24, 12, 6 y 3 horas, en dependencia de la ubicación del organismo respecto a Cuba, y el tiempo en que este pudiera convertirse en un peligro para el país. Un Aviso Especial público se emite en caso de probabilidad de que un fenómeno meteorológico peligroso diferente de un ciclón tropical afecte a alguna zona del territorio nacional, en el plazo de 24 a 48 horas (vientos fuertes, lluvias intensas, inundaciones costeras, línea de tormentas - *squall line*, tormenta local severa (TLS), frente frío fuerte o marejadas).

Alerta Temprana de la sequía

El Sistema de Vigilancia, Alerta Temprana y Pronóstico de la sequía del Centro del Clima del Instituto de Meteorología, además de caracterizar el comportamiento de la lluvia, permite apreciar las características hidrotermodinámicas de la atmósfera y valorar los principales procesos de la circulación regional y local que le dan origen. El sistema se estructura en tres componentes fundamentales: Diagnóstico, Pronóstico e Información.

El diagnóstico se realiza a través de un sistema de programas que calculan simultáneamente los principales índices de lluvia y sequía recomendados internacionalmente, para diferentes períodos de tiempo, y para una localidad o área deseada, una rejilla o malla y de interés geográfico o administrativo. Este sistema, determina fiablemente el inicio, evolución, cese, duración e intensidad de cualquier evento de sequía, tanto de carácter operativa como histórico, en las escalas espaciales y temporales requeridas. Dos publicaciones se emiten mensualmente sobre la sequía: la primera, en el contexto del Boletín de la *Vigilancia del Clima*, donde se realiza una valoración del estado de la sequía para diferentes escalas temporales y la segunda constituye un suplemento, que es una actualización ampliada del estado de la sequía y que es de acceso público, que se coloca en la página web del Insmet (<http://www.insmet.cu>).

El Insmet también tiene en operación la vigilancia, el pronóstico y la alerta temprana de la sequía agrícola en el territorio nacional. Su contenido incluye: tendencias climáticas más importantes y el comportamiento previsto de los eventos forzantes de la variabilidad climática en Cuba; las condiciones

agrometeorológicas formadas en cuanto a estado de vegetación de las plantas (bosques, cultivos agrícolas y pastizales), bajo agricultura sostenible o de secano, uso consuntivo, sequía agrícola y peligro de incendios en la vegetación; el efecto de las condiciones agrometeorológicas formadas sobre cultivos agrícolas, pastizales, bosques y el ganado; las condiciones agrometeorológicas esperadas en cuanto al estado de vegetación de las plantas (bosques, cultivos agrícolas y pastizales), incluyendo la recomendación de siembras bajo agricultura sostenible o de secano; sequía agrícola y peligro de incendios en la vegetación; el efecto de las condiciones climáticas esperadas sobre el sector forestal, agrícola, y ganadero; y, recomendaciones. Estas alertas tempranas se colocan en la página web del Insmet de acceso público: [www.Insmet.cu](http://www.insmet.cu).

Monitoreo y alerta temprana El Niño-Oscilación del Sur

El Centro del Clima del Insmet tiene entre sus funciones la vigilancia y monitoreo de los factores que modulan el clima en Cuba. Entre ellos, el comportamiento de las condiciones oceánicas y atmosféricas en el Pacífico ecuatorial, para evaluar el estado del evento ENOS, debido a su importante influencia en el clima del país, fundamentalmente durante el período poco lluvioso del año. Las características del evento, así como los avisos y sus actualizaciones son divulgadas a través de los boletines de la Vigilancia del Clima y el sitio web del INSMET (<http://www.insmet.cu>).

Alerta temprana y prevención hidrológica

La alerta temprana y prevención hidrológica en Cuba tiene como principales objetivos: garantizar la seguridad de los embalses, y otros objetos hidráulicos, en situaciones excepcionales; garantizar la alerta a las poblaciones y objetivos socioeconómicos de las cuencas en casos de lluvias y avenidas extraordinarias; informar sobre el comportamiento y tendencia de las crecidas para la adopción de las medidas necesarias; y el conocimiento de parámetros que constituyan indicadores de alerta por contaminación en los ríos, tanto principales como tributarios. Para ello se cuenta solamente, pero de forma efectiva, con una estructura no automatizada de observación y transmisión como base informativa para la prevención y evaluación de eventos extremos (huracanes y lluvias intensas), lo cual requiere de la presencia física de personal calificado en los puntos de monitoreo. Este mecanismo entra en total funcionamiento (aunque no exclusivamente) al ser decretada la fase

informativa por parte del Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil y se mantiene en acción hasta que se declare la fase recuperativa y se detecte el cese del peligro asociado a las intensas lluvias y las resultantes inundaciones, ya sean potenciales o reales.

Vigilancia de la sequía hidrológica

El INRH realiza una observación sistemática de la sequía, basada en el análisis de varios índices e instrumentos de control, que describen el comportamiento de indicadores físicos, de suministro y demanda de agua, de producción; entre los que se insertan el Índice estandarizado de precipitación (SPI, en inglés); el porcentaje de la precipitación normal; el porcentaje de llenado de embalses; la cobertura de agua potable de los embalses de abasto a la población; la situación de las aguas subterráneas; entre otros.

Este Instituto suministra la información exacta, confiable, oportuna e integrada de condiciones de sequía a escala municipal, provincial y nacional, a través de sus principales servicios informativos y de informes especiales, para facilitar las decisiones pro-activas que minimicen las pérdidas económicas, sociales y del ecosistema asociadas con el fenómeno. Están establecidas dos frecuencias básicas de captación de datos y de emisión de informaciones: diaria y mensual. En dependencia de la magnitud, extensión y persistencia del episodio de sequía, se emplean otras frecuencias como la semanal y la quincenal, para aquellos indicadores de menor variabilidad temporal, como es el caso de los niveles del agua subterránea. Luego de la recepción de los datos se ejecuta el almacenamiento y procesamiento automático de los datos para la identificación y evaluación de condiciones de sequía, mediante el empleo de los índices e instrumentos de control y de herramientas informáticas. A nivel nacional, la información se hace llegar a través de los partes diarios de lluvia y de embalses y del *Boletín Hidrológico*.

Avisos de la Defensa Civil en situaciones de desastres

La Ley No. 75 de la Defensa Nacional, del 21 de diciembre de 1994, en su Artículo 90 establece que el sistema de aviso se organiza con el fin de hacer llegar, de forma oportuna, las señales e indicaciones para la ejecución de los planes relacionados con la defensa, ante desastres provocado por fenómenos

naturales u otros tipos de catástrofes. Las personas naturales y jurídicas están obligadas a cumplir las instrucciones impartidas por este sistema.

Asimismo, el Decreto Ley No. 170 Del Sistema de Medidas de la Defensa Civil, del 8 de mayo de 1997, dispone en su Artículo 5, que el aviso de la defensa civil para la protección de la población, forma parte del sistema de aviso. El Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias constituye el órgano rector encargado de su perfeccionamiento, desarrollo y mantenimiento, de conjunto con el Ministerio de la Informática y las Comunicaciones, el Instituto Cubano de Radio y Televisión y el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (EMNDC). Emplean para ello recursos propios y las posibilidades existentes, así como en otros órganos y organismos estatales.

Los Sistemas de vigilancia y alerta temprana que funcionan permanentemente en el país mantienen informado diariamente, y con régimen especial de comunicación cuando es necesario, al Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil. Basado en la evaluación diaria de las informaciones de estos sistemas, cuando existe un nivel de peligro dado, a través del Ministro de las FAR se informa y consulta al Presidente de la República, y se aprueba la activación del sistema nacional.

El aviso sobre una situación peligrosa la emite el Puesto de Dirección del EMNDC a los puestos de mando de los ejércitos, Organismos de la Administración Central del Estado, Consejos de Defensa provinciales, Asamblea Nacional del Poder Popular, Comité Central del Partido y organizaciones políticas y de masas. Los medios nacionales de difusión masiva transmiten la información y orientan a la población. De igual forma se procede por los órganos y organismos nacionales con sus similares en las provincias y estos con los municipios, hasta lograr que el aviso llegue al pueblo, también a través de los medios de difusión masiva a nivel territorial.

5.4 Educación

Las Bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030 en su Eje Estratégico: Recursos naturales y medioambiente establece: “Fomentar e incrementar la educación, conciencia y cultura ambiental de los ciudadanos, así como su participación efectiva y el papel de los medios de comunicación, de manera armónica, sistemática y coherente, incorporando a toda la sociedad cubana”. En conformidad con lo anterior, la Tarea 10 del Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático, está dirigida a “priorizar las medidas y acciones para elevar la percepción del riesgo y aumentar el nivel de conocimiento

y el grado de participación de toda la población en el enfrentamiento al cambio climático y una cultura que fomente el ahorro del agua”.

Desde la Segunda Comunicación a la fecha, se han producido significativos avances en estos aspectos, favorecidos por las políticas del país y las indicaciones para el fortalecimiento de las estrategias de comunicación y el uso de las tecnologías de la información en todos los sectores. Asimismo, los proyectos internacionales ambientales que se han ido implementando, han incorporado con mayor precisión las acciones de sensibilización sobre cambio climático, en las comunidades donde se están desarrollando. Existe una mayor y sistemática presencia de los temas relativos al medioambiente y, en particular, del cambio climático, en los medios de prensa nacional y local.

Relacionado con la Estrategia Ambiental Nacional 2016-2020, se establece el “Programa Nacional de Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible”, destinado a implementar las proyecciones en materia de educación ambiental del país. Las líneas de acción que se presentan en el Programa, responden también a compromisos internacionales; entre ellos los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el “Plan de Acción Mundial de la Educación para el Desarrollo Sostenible”, promovido por la UNESCO; el Acuerdo de París de la COP 21 sobre Cambio Climático y la Decisión 3 Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible aprobada en la XX Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y El Caribe en marzo de 2016.

En el Sistema Nacional de Educación y en los planes de formación de profesionales de la educación superior, la educación ambiental sigue siendo reconocida como objetivo priorizado, lo cual ha permitido el desarrollo de acciones para elevar la cultura ambiental de los estudiantes en relación con el cambio climático y el fortalecimiento de la relación de la escuela y la universidad con la comunidad.

5.4.1 Sistema Nacional de Educación

El Ministerio de Educación (Mined) ha continuado trabajando en la educación ambiental, en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible al 2030 y el Plan 2030. Se están implementando estos procesos en todas las instituciones educativas. Se destaca la favorable respuesta al “Plan del Estado para el Enfrentamiento del Cambio Climático”, con acciones que contribuyen al incremento de la cultura de la protección del medioambiente, con el fortalecimiento de las tareas metodológicas y educativas para favorecer, desde la educación, la mitigación y la adaptación ante el cambio climático.

Se han realizado actividades de educación ambiental dedicadas al tema del cambio climático, como parte del trabajo integral en todas las instituciones educativas. En el III Perfeccionamiento que se realiza al Sistema Educativo Cubano, desde la implementación de las nuevas formas de trabajo con énfasis en la concepción del currículo institucional y los proyectos educativos se han perfeccionado las tareas de salud e higiene ambiental, ahorro de energía, protección y conservación de la diversidad biológica, prevención de desastres, problemas ambientales principales en su localidad y los impactos del cambio climático, entre otros temas. Desde la concepción curricular se ha logrado incorporar en la preparación de las disciplinas y asignaturas estas temáticas, resultando esencial el trabajo metodológico y la superación de manera que se garantice la preparación de los docentes.

De conjunto con el Ministerio de Educación Superior, se desarrolla el proyecto de investigación “Perfeccionamiento de la Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible en el Sistema Nacional de Educación”, asociado al Programa de Investigación que gestiona el Instituto Central de Ciencias Pedagógicas, en el que como resultado se elaboran las propuestas del contenido ambiental y la metodología para incorporar la educación ambiental para el desarrollo sostenible y el cambio climático, al currículo de las enseñanzas del Sistema Nacional de Educación.

Se les ha dado continuidad a las investigaciones educativas para la solución de problemáticas de la Educación ambiental con un enfoque intersectorial con énfasis en los temas de educación para el cambio climático en las escuelas y en las comunidades donde están enclavadas, con la participación de otros organismos e instituciones.

Se destaca que el proyecto “Educación, protagonismo y género para el fortalecimiento de la resiliencia en niñas, niños y adolescentes, ante los riesgos de desastres, amenazas y vulnerabilidades locales desde las instituciones educativas”, logró trabajar y vincular las lecciones aprendidas, y todo el trabajo para reducir los riesgos, los peligros y vulnerabilidades, ante el azote del huracán Irma, en relación con la educación de cambio climático, en septiembre de 2017.

Como parte de los compromisos del Mined en el cumplimiento del “Plan del Estado para el Enfrentamiento del Cambio Climático”, particularmente la Tarea 10, se trabaja en el perfeccionamiento del Sistema Nacional de Educación, incluyendo la dimensión del cambio climático en los programas de estudios, planes, libros de textos y orientaciones metodológicas y en todos los niveles organizativos del sistema. Como parte de ello, se han incorporado las ideas

esenciales sobre el clima, cambio climático, adaptación, mitigación, resiliencia, riesgo, peligros, vulnerabilidades; así como los resultados del macroproyecto y de los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo, desarrollados por el Citma.

Lo anterior se refleja en los nuevos planes de estudio; las orientaciones metodológicas; los libros de textos y cuadernos de actividades. En el caso de los programas que se imparten por primera vez en las instituciones donde se realiza el experimento, se han incorporado y contextualizado los estudios de riesgos institucionales y los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo.

El perfeccionamiento de la educación cubana avanza incorporando el tema de la protección y conservación del medioambiente y el cambio climático, muestra avances significativos en cada nivel de enseñanza:

- **Primaria:** continúa avanzando en la incorporación del trabajo ambiental y el cambio climático en todos los grados del nivel de enseñanza y en los círculos de interés científico- técnicos. Aquí se enfatizó en el trabajo metodológico y en el tratamiento de los temas ambientales en las clases.
- **Secundaria:** realiza actividades complementarias sobre la protección del medioambiente y la educación para el cambio climático; entre ellas, excursiones para investigar el estado de las playas, costas y el cambio de los ecosistemas marinos y las afectaciones del mangle. Para las asignaturas en las áreas de las ciencias, se desarrollan visitas dirigidas a instituciones o fábricas de la localidad donde se encuentra la escuela, para la puesta en práctica de comportamientos y acciones favorables hacia la protección del medioambiente.
- **Preuniversitaria:** se priorizó la vinculación del tema de la educación del cambio climático en las sociedades científico-estudiantiles y en los proyectos socio-productivos, con resultados positivos.
- **Técnica y profesional:** avanza en el tratamiento de los temas ambientales y la educación sobre el cambio climático. Se continúa trabajando en el plan de estudio para la formación de su personal docente.
- **Formación docente de nivel medio superior:** profundiza en los problemas del medioambiente y la educación ambiental para el cambio climático, para que se correspondan con las necesidades profesionales del maestro en formación. Se logra avanzar en cuanto a la concepción del trabajo de educación ambiental, como un componente integral, y como parte de este, la educación para el cambio climático, en el proceso docente educativo en estas instituciones educativas.

5.4.2 El cambio climático en la formación de profesionales

En los planes de formación de profesionales de la educación superior, la educación ambiental en general y la educación para el cambio climático en particular, han sido reconocidas como objetivo priorizado, lo que ha permitido el desarrollo de acciones para elevar la cultura ambiental de estudiantes y del cuerpo académico del MES; así como el fortalecimiento de la relación universidad-empresa-territorios.

Se trabaja en el perfeccionamiento de los planes y programas de estudios por las comisiones nacionales de carreras. La adaptación y mitigación del cambio climático constituye uno de los temas priorizados, con marcado enfoque y orientación en el contenido de cada carrera y disciplina. En los centros universitarios municipales se planifica la apertura de modalidades de ciclo corto, con vistas a la formación del personal técnico necesario para la atención a las vulnerabilidades y riesgos de desastres en los territorios ubicados en cuencas hidrográficas, zonas montañosas y costeras del país.

Las actividades de educación ambiental se han extendido a un segmento de la población que crece rápidamente, el adulto mayor. La Cátedra del Adulto Mayor, coordinada por el MES, es un espacio donde este grupo etario puede adquirir conocimientos en variadas temáticas y ha desempeñado, en los últimos años, una importante contribución a la educación para el cambio climático, la mitigación y la adaptación; mediante proyectos socio-comunitarios que se desarrollan desde la extensión universitaria.

Los planes y programas de estudio de la educación superior en Cuba conciben la educación ambiental como un eje transversal, para lograr que los graduados alcancen un dominio adecuado de la situación que se presenta a nivel global, regional, nacional y territorial; adquieran los conocimientos y las habilidades necesarias, de acuerdo con el objeto de su profesión, para resolver los problemas que enfrenten en su trabajo, con criterio de sostenibilidad y, a su vez, desarrollos los valores, actitudes y comportamientos que contribuyan a generar mayor conciencia y aprecio del medioambiente y al fomento de su compromiso con protegerlo.

En el contenido de las disciplinas de las carreras se integran coherente-mente temas concernientes a la educación ambiental, entre ellos los relacionados con las causas y efectos del cambio climático y con el enfrentamiento a estos problemas. Por grupos de carreras, a continuación, se detallan los contenidos de estudio que están incluidos en los programas de las disciplinas,

con la intención de preparar al futuro egresado para desempeñar su actividad profesional a favor del desarrollo sostenible.

Ciencias técnicas

Se estudian temas vinculados con el uso racional de los recursos hídricos, la conservación del agua potable, la generación de electricidad tomando en cuenta al medioambiente, el mínimo de aporte a la contaminación del ambiente, el aprovechamiento racional de las fuentes de energía y el uso de fuentes renovables, el diseño arquitectónico sostenible, la contaminación ambiental, el uso de tecnologías limpias, el manejo de residuales, metodologías para la evaluación de impactos y la medición de la huella ambiental del desarrollo tecnológico.

En la disciplina principal integradora de Ingeniería Química, una de las habilidades a desarrollar es la valoración del impacto ambiental, en los estudios que se realizan sobre la estimación de los costos de inversión y la producción de capacidades industriales. En la disciplina Operaciones y Procesos Unitarios se estudian y se resuelven problemas relacionados con la contaminación atmosférica por diversas fuentes y sus consecuencias, así como su tratamiento y control.

Ciencias agropecuarias y forestales

Se abordan tópicos vinculados con el manejo agroecológico de suelos, plagas y enfermedades; la erosión y contaminación de los suelos; el uso racional del agua de riego; la producción sostenible de alimentos; la instalación de sistemas silvopastoriles para el desarrollo ganadero.

En el caso concreto de la carrera de Ingeniería Forestal, se declara como objeto de la profesión “el manejo sostenible de los recursos forestales”; como uno de sus campos de acción “la gestión ambiental”; y como una de las habilidades profesionales en este campo “la ejecución de trabajos de evaluación y conservación de los ecosistemas forestales”.

Ciencias naturales y básicas

Se tratan los aspectos relacionados con respeto a la naturaleza y los limitados recursos naturales; la diversidad biológica; la protección de los ecosistemas y técnicas de análisis para el monitoreo y control de la contaminación de los

mismos y de las aguas; el cuidado y preservación de las zonas costeras y su entorno.

En el caso más específico de la carrera de Geografía, en la disciplina denominada Fundamentos y Métodos de la Integración Geográfica, se declaran como contenidos esenciales la caracterización del medioambiente cubano y la aplicación de los conocimientos científicos, naturales, económicos, sociales y políticos al tratamiento y solución de los problemas ambientales del país desde el punto de vista geográfico así como, la evaluación de los impactos ambientales parciales y globales de acciones asociadas a proyectos socioeconómicos, con el uso de diferentes técnicas. Se abordan también temas relacionados con la política ambiental, la planificación y la gestión ambiental.

La carrera de Licenciatura en Meteorología es un caso específico donde el cambio climático es objeto de estudio. En la asignatura de Climatología se dedican cuatro temas a abordar, entre otros aspectos, la modelación climática, incluidos los modelos climáticos globales; las predicciones climáticas y su impacto socioeconómico; la variabilidad climática; los cambios climáticos como un proceso natural, el efecto invernadero, las actividades humanas y el cambio climático, calentamiento global y cambio climático, el clima del futuro, impactos del cambio climático y medidas de adaptación. Por otra parte, en el contexto de la Práctica de Investigación y Servicios (PIS) relacionada con dicha asignatura se ofrecen charlas y se efectúan ejercicios que amplían el alcance de los conocimientos de los alumnos en estos temas, tanto desde el punto de vista teórico como práctico.

Ciencias sociales y humanísticas

Se estudian aspectos relacionados con el concepto de desarrollo sostenible desde un planteamiento holístico e interdisciplinario; la comunicación social para el fomento de estilos de vida saludables, de paz y de igualdad; la gestión del conocimiento ambiental; las formas de combatir la pobreza y las desigualdades; el crecimiento demográfico y la inseguridad alimentaria con sus graves consecuencias; la conservación del patrimonio cultural, entre otros.

En las carreras de perfil económico se estudian temas tales como la globalización y los problemas ambientales; la incorporación de lo ambiental en los planes de la economía en todos los niveles; la actividad económica contable asociada al control de las acciones medioambientales para evaluar niveles de eficiencia, y problemas relacionados con la economía del país en situaciones de desastres.

Ciencias pedagógicas para la enseñanza primaria, media, media superior y técnica

Tienen incorporado la dimensión ambiental, tanto en el currículo propio como en cursos optativos y de manera particular los temas relacionados con el cambio climático. Estos temas se trabajan de manera diferenciada en todas las especialidades.

En la formación de postgrado se ha dirigido el trabajo a las necesidades de aprendizaje para el desarrollo sostenible, sobre la base de los problemas contemporáneos de los impactos del cambio climático. En el diseño de los programas de postgrado se garantiza la formación ambiental de los profesionales, con énfasis en la adaptación y la mitigación, lo cual se concreta en los objetivos generales de los programas y la inclusión de los contenidos correspondientes en las maestrías, especialidades de postgrado y diplomados, en cumplimiento de lo establecido en la Ley 81/97.

El contenido de los programas se orienta fundamentalmente hacia el desarrollo de una cultura ambiental de los profesionales para que, con su futura actuación en la resolución de los problemas que se presenten, sean capaces de guiar al país hacia un desarrollo sostenible. De acuerdo con el objeto de los programas, en ellos se integran aspectos tales como la conservación y preservación del medioambiente, el uso racional de la energía, el tratamiento de residuales, la gestión de los recursos humanos en un ambiente laboral que promueva el incremento de la productividad y la calidad del trabajo, el manejo sostenible de los sistemas y recursos forestales, la protección del patrimonio cultural, entre otros aspectos. Cada programa tiene elaborada su estrategia curricular de medioambiente, que se materializa en el desarrollo de los contenidos de los cursos, con énfasis en la preparación profesional para enfrentar los impactos del cambio climático. Estas estrategias son objeto de revisión en las visitas de control y en las acreditaciones que se realizan al proceso de formación, comprobándose que se ha logrado un avance en esta labor, pero todavía el progreso no es parejo en todos los programas.

La mayoría de los programas tienen planificados cursos que tributan directamente a la formación ambiental y a la adaptación y mitigación del cambio climático. Las universidades que poseen centros de estudio de medioambiente tienen vinculados estudiantes a grupos de trabajo científico y desarrollan trabajos de diploma, tesis de maestría y de doctorado, donde se aborda la importancia del postgrado para la cultura de adaptación y mitigación del cambio climático.

5.4.3 Sistema Nacional de Salud

Con el objetivo de preparar a la población cubana para el enfrentamiento al cambio climático, y a los peligros y vulnerabilidades que este representa, el Ministerio de Salud Pública (Minsap), está capacitando a su personal, a partir de la introducción de esos temas en los currículos de pregrado de las carreras de ciencias médicas, a la vez que se imparte un diplomado sobre Clima y Salud, en la Escuela Nacional de Salud Pública, para la formación de posgrado en el Sistema.

En proyectos de investigación que realizan centros e instituciones del Minsap en colaboración con el Insmet, se ha incluido la capacitación de personal en todas las provincias, como forma de implementar los resultados, para la realización de pronósticos de enfermedades transmisibles y no transmisibles. Esto fortalece, a nivel local, la activación de los sistemas de alerta-acción, ante posibles brotes o incremento de enfermedades, como consecuencia de la variabilidad climática y los fenómenos hidrometeorológicos asociados al cambio climático.

5.5 Fomento de capacidades

La creación de capacidades ha sido uno de los objetivos de trabajo del proyecto para la preparación de esta Tercera Comunicación Nacional. Con este propósito se implementó el curso “Entendiendo el Cambio Climático” en dos modalidades: la divulgación científica y la profundización de conocimientos. Este curso se impartió en varias provincias, con la participación de 265 especialistas de todo el país.

El Centro de Creación de Capacidades para la Reducción de Riesgos de Desastres y la Adaptación al Cambio Climático (CRDAC) de la Agencia de Medio Ambiente, en sinergia con proyectos internacionales, ha realizado numerosas acciones de capacitación, con el objetivo de incrementar la percepción del riesgo en la población; atendiendo solicitudes de instituciones y organismos, entre ellos, Ministerio de la Agricultura, Instituto de Planificación Física, Ministerio de Educación, Ministerio de Educación Superior, Instituto Cubano de Hidrografía, órganos locales del Poder Popular, grupos comunitarios y activistas locales de diferentes municipios. En el período 2013-2018 se capacitaron un total de 2466 personas, a través de 105 acciones de capacitación.

Los Ministerios de Educación y Educación Superior han desarrollado acciones de capacitación y superación para sus cuadros dirigentes, docentes y pro-

fesionales de diversas ramas, sector no estatal, gobiernos y población en general. En la proyección de las acciones de superación y de capacitación, se ha convenido con las universidades, el desarrollo de cursos, diplomados, talleres, entrenamientos, con énfasis en los objetivos del Plan de Enfrentamiento al Cambio Climático. El tema “La estrategia ambiental y la Tarea Vida en el Ministerio de Educación” se imparte en la Escuela Ramal del Ministerio, del mismo modo que en las escuelas pedagógicas se han desarrollado actividades metodológicas en los departamentos, para perfeccionar el contenido curricular.

En el proyecto BASAL (Bases ambientales para la sostenibilidad alimentaria local), la capacitación y la sensibilización han sido prácticas clave en su desarrollo, las cuales se esbozaron desde la fase de diagnóstico, en la que se identificaron las necesidades —también los potenciales— de formación y comunicación.

Se realizan acciones que fortalecen capacidades y conocimientos en los activistas locales. Las actividades de investigación, capacitación y divulgación de las medidas de adaptación al Cambio Climático apoyadas por BASAL, han favorecido el fortalecimiento de las capacidades de las instituciones nacionales y de las localidades donde opera el proyecto. Un factor de éxito es la metodología empleada, caracterizada por vincular los conocimientos académicos y la sabiduría campesina en la promoción y divulgación de tecnologías y prácticas agropecuarias favorables para la adaptación al cambio climático y el desarrollo sostenible.

Los resultados alcanzados por BASAL en el manejo integrado de medidas de adaptación al cambio climático, son demostrativos de los efectos del aprendizaje experiencial y avalan la importancia de impulsar iniciativas que fortalezcan los vínculos entre los Centros de Creación de Capacidades y Gestión del Conocimiento y las unidades productivas en los territorios, contribuyendo a los procesos de sensibilización, capacitación y divulgación.

El proyecto BIOFIN (Finanzas para la Biodiversidad) ha tenido un positivo papel en la capacitación sobre elementos económicos y financieros, para de forma consciente promover conocimiento en los temas asociados a la adaptación y mitigación del cambio climático. Se han capacitados más de 300 personas con enfoque interdisciplinario en temas ambientales y financieros mediante la sinergia de este proyecto, con el equipo de especialistas que formuló el Programa Nacional de Diversidad Biológica y con incidencia directa a acciones vinculadas a la Tarea Vida.

5.6 Cooperación Sur-Sur

“Fomentar la utilización de la cooperación internacional para enfrentar los efectos del cambio climático, la contaminación y el deterioro ambiental. Mantener la complementariedad e integración en el área de América Latina y el Caribe” (Eje Estratégico Medio Ambiental de las Bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030).

La Contribución Nacionalmente Determinada (CND), cumplimentando compromisos del Acuerdo de París, bajo la CMNUCC, ofrece la contribución de Cuba ante la cooperación internacional; a partir de la experiencia acumulada por el país, que ha compartido sus resultados con otras naciones en vías de desarrollo, en especial los pequeños estados insulares. Las vías han sido diversas, desde la colaboración bilateral hasta acciones con el apoyo de países desarrollados y organizaciones internacionales.

En su CND, Cuba reafirma su voluntad para seguir cooperando en el desarrollo de capacidades en el enfrentamiento al cambio climático, incluyendo: asistencia técnica en la preparación de las comunicaciones nacionales y los inventarios de gases de efecto invernadero; desarrollo de la modelación y las proyecciones climáticas; realización e implementación de estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo y sobre la vulnerabilidad costera e impactos de eventos extremos y del cambio climático; como parte de la evaluación de impacto ambiental de obras y proyectos de desarrollo. Los casos más recientes del apoyo de la ciencia cubana a países en desarrollo son los de Guyana y Belice.

En el caso particular de la cooperación de Cuba con los pequeños estados insulares en desarrollo del Caribe, en el año 2006, se firmó un memorando de entendimiento para la cooperación entre el CCCCC y el Insmet. El objetivo de ese instrumento es reforzar y aumentar los esfuerzos de ambas partes en el tema del cambio climático, a través de una asociación de largo plazo. Inicialmente esos esfuerzos incluían: la aplicación de modelos climáticos regionales, el desarrollo de escenarios climáticos regionales, asistencia técnica en estudios de impactos del cambio climático y en la creación de capacidades.

Con el desarrollo del proyecto PRECIS Caribbean Climate Change se ha establecido una cooperación ejemplar entre CCCCC (Belice), la University of West Indies y el Insmet. El nacimiento y ulterior desarrollo de estas acciones de cooperación ha permitido el establecimiento del Grupo de Modelación del Clima del Caribe, el cual hoy se ha transformado en el Consorcio de Modelación del Clima del Caribe. El Consorcio es una plataforma de trabajo conjunto que paulatinamente ha incorporado a varios países (Jamaica, Cuba,

Barbados, Suriname, Guyana, Bahamas y otros). Gracias a esta iniciativa, la región ha podido desarrollar proyectos relacionados con la investigación del clima en el Caribe. Un ejemplo a destacar es el Proyecto 1.5 y 2.0 °C en el Caribe. Ese proyecto permitió ofrecer información relevante a los gobiernos de la región, así como a sus negociadores en la CMNUCC. Este fue un resultado que además, colocó a la ciencia del Caribe dentro del Informe Especial del IPCC sobre 1.5.

Otra acción de alto impacto en el Caribe ha sido la creación, en el año 2013, del Centro de Creación de Capacidades para la Reducción del Riesgo de Desastres y la Adaptación al Cambio Climático (CRDAC), en el contexto de un proyecto de colaboración entre Cuba y Noruega, con el objetivo de fortalecer capacidades para la realización e implementación de los estudios de riesgos de desastres; la prevención y reducción de vulnerabilidades y propiciar la adopción de medidas de adaptación al cambio climático, a partir de la capacitación de actores clave en todos los territorios del país, así como en países del Caribe

La amplia experiencia de Cuba en la reducción del riesgo de desastres, es de interés para muchos países de América Latina y el Caribe. Son múltiples las acciones de intercambio y cooperación, contando con el auspicio de las agencias del Sistema de Naciones Unidas, organismos gubernamentales internacionales y organizaciones no gubernamentales, entre otros actores de la cooperación. El CRDAC constituye un espacio de vital importancia para fortalecer las capacidades a nivel local, acerca de la gestión de riesgos de desastres y la adaptación al cambio climático, teniendo en cuenta las características y peculiaridades de Cuba y de la región del Caribe. Este centro está a disposición de la región del Caribe, para el desarrollo de procesos de capacitación e investigación, que contribuyen a brindar las herramientas necesarias para trabajar en función de la reducción del riesgo de desastres a escala nacional, territorial y local, así como preparar a las comunidades ante los impactos del cambio climático y su adaptación.

En el período 2013-2018 en el CRDAC se realizaron 105 acciones de capacitación, con la participación de 92 participantes del Caribe insular, 9 participantes de América del Norte y 112 de América del Sur, para un total de 213 capacitados procedentes de estas regiones del área. (**Anexo 5.1**).

A través del Proyecto para la preparación de la Tercera Comunicación Nacional, con el propósito declarado en el Proyecto para la preparación de la Tercera Comunicación Nacional de potenciar la colaboración Sur-Sur, se realizaron actividades de capacitación en Belice, en los temas de adaptación,

procesos marino costeros, y comunicación y perspectiva de género; también fue impartido un ciclo de conferencias en las maestrías de gestión de riesgos de las universidades de Querétaro, en México; y del Litoral, en Argentina.

El Programa de Pequeñas Donaciones del GEF en Cuba, en cooperación con diferentes instituciones y universidades nacionales, ha proporcionado el intercambio Sur-Sur sobre agroecología, con la participación de productores líderes de Centroamérica y de las islas del Pacífico, los que pudieron apreciar de cerca las experiencias y avances en Cuba en las prácticas agrícolas comunitarias.

5.7 Sensibilización pública

Las campañas nacionales por el Día Mundial del Medio Ambiente han estado dirigidas a promover la cultura ambiental, con énfasis en el enfrentamiento al cambio climático. La correspondiente al 2014 estuvo dedicada a la adaptación al cambio climático y en los años sucesivos se ha mantenido el tema. Numerosas publicaciones, libros, folletos han dedicado espacios dirigidos a informar, educar y sensibilizar al público sobre el tema cambio climático.

Asimismo, la Serie Naturaleza Secreta de Cuba, perteneciente a la Casa Productora “Mundo Latino”, con el apoyo financiero del Fondo Nacional del Medio Ambiente y varios proyectos internacionales que se ejecutan en Cuba, ha creado numerosos audiovisuales vinculados al tema, con una amplia difusión, no solo a través de la Televisión Cubana, sino también por las redes sociales y los canales de YouTube, lo que ha dado mayor dinamismo a la difusión de la información y un mayor alcance a los diferentes públicos.

Se aprecian discretos avances en el uso de la telefonía celular en los lugares donde las posibilidades de comunicación lo permiten. Por esta vía se reciben las alertas tempranas que emiten los centros meteorológicos provinciales, posibilitando la inmediatez de información rápida y veraz para adoptar decisiones ante los efectos del clima en la agricultura.

La firma de un convenio de trabajo entre el Citma y el Instituto Cubano de Radio y Televisión (ICRT), ha propiciado una mayor y mejor difusión, tanto a nivel nacional como internacional, de contenidos referentes a la educación ambiental, la ciencia y la innovación, así como al Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático.

La existencia de 6 canales de televisión con alcance nacional, 1 internacional, 16 provinciales, 15 municipales y 39 corresponsalías a lo largo del país, así como 99 emisoras radiales con igual alcance, permite una labor permanente en la difusión de temas relacionados con el cambio climático y el medioam-

biente, poniendo en práctica cuatro funciones esenciales: educar, orientar, divulgar e informar; a partir de un vínculo más estrecho con instituciones y especialistas de alto nivel en los mencionados temas. La mayoría de los canales de radio y televisión cuentan en la actualidad con perfiles institucionales en las redes sociales (Facebook, Instagram, Twitter y YouTube, entre otros), que dan mayor dinamismo a la comunicación.

El tema cambio climático sigue insertándose en la programación informativa, a través de los espacios dedicados a la ciencia, la tecnología y el medio-ambiente, de orientación a la familia y en los diferentes géneros periodísticos y de la propaganda directa de todas las emisoras y canales de televisión que conforman el Sistema de la Radio y la Televisión.

Se ha mantenido un fuerte vínculo con el Canal Educativo de la Televisión Cubana, retransmitiéndose los cursos de “Cambio Climático” y “Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo”, así como entrevistas a especialistas y dirigentes vinculados a estos temas. La trasmisión de algunas historias de vida de afectados de las zonas más impactadas, han contribuido también a la sensibilización sobre la necesidad de la adaptación.

5.8 Acceso a la información sobre el cambio climático

El Programa de Trabajo de Nueva Delhi, enmendado para la aplicación del artículo 6 de la Decisión 9/CP.13 de la CMNUCC, alienta a las Partes a facilitar el acceso del público a los datos y la información, sobre las iniciativas y políticas relativas al cambio climático y sobre los resultados de las medidas adoptadas que el público y otras partes interesadas requieran para entender, abordar y tratar las cuestiones del cambio climático. En Cuba hay numerosos sitios que ofrecen amplia información, utilizando principalmente internet, disponible libremente para el público interesado. En esta sección se describen algunas de numerosas fuentes de información disponibles sobre el cambio climático y cuestiones relacionadas. En todos los casos se brinda el enlace correspondiente a dichas fuentes.

Cambio Climático Cuba (<http://cbclima.Insmet.cu/>)

Con el apoyo del proyecto para la preparación de la Tercera Comunicación Nacional, este sitio se encuentra en un proceso de mejoramiento y actualización. Es un entorno web creado para promover y difundir información y conocimientos actuales, alcanzados a nivel global y esencialmente en Cuba,

acerca del cambio climático en todas sus aristas, dirigidos a mejorar la comprensión del problema y contribuir al cambio de actitud en las personas en su comportamiento hacia el medioambiente. Es un espacio para mostrar los esfuerzos que realiza el Estado y la comunidad científica para mejorar los conocimientos sobre el cambio climático y para el enfrentamiento a este problema.

PRECIS-Caribe (<http://precis.Insmet.cu>)

Es la página Web interactiva de acceso a los resultados actuales de las corridas del Modelo Climático Regional PRECIS, para la región de Centroamérica, México y el Caribe; concebida para facilitar el acceso en línea a los escenarios de cambio climático desarrollados por el Instituto de Meteorología de Cuba, a partir de las corridas de PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies), sistema de modelado climático regional basado en PC, desarrollado por el Centro Hadley de la Oficina de Meteorología del Reino Unido, para facilitar su empleo en los países no anexo I de la CMNUCC. Los resultados disponibles aquí son una contribución del Instituto de Meteorología de Cuba a las actividades de la región, para evaluar los impactos del cambio climático e identificar medidas de adaptación.

Web del Instituto de Meteorología de Cuba (<http://www.Insmet.cu>)

Este sitio suministra información pública del tiempo y el clima en el territorio nacional. Adicionalmente ofrece información sobre la estimación de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero en Cuba. Está disponible la información brindada por el Sistema de Aviso Temprano SAT-03, sobre los impactos de los niveles de las concentraciones de ozono de interés para algunos cultivos agrícolas.

Portal de medioambiente (<http://www.medioambiente.cu/>)

Contiene información medioambiental variada, noticias, publicaciones, la legislación ambiental vigente, educación ambiental, entre otras. La sección dedicada a Tópicos, informa sobre ecosistemas de montaña, arrecifes coralinos, playas arenosas, humedales y manglares, directamente vinculados con los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación.

Sitio web Cubasolar (<http://www.cubasolar.cu/>)

Sitio de la ONG “Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (Cubasolar), con amplia información sobre las fuentes renovables de energía e incluyendo la publicación de libros y otros materiales, que contribuyen a la promoción del uso de estas fuentes.

Sitio Cubaenergía (<http://www.cubaenergia.cu/>)

Este sitio del Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (Cubaenergía), ofrece información sobre indicadores de consumo de energía; estadísticas energéticas, fuentes renovables de energía; y educación energética, disponibles al público.

Sitio de la Oficina Nacional de Estadística e Información (<http://www.onei.gob.cu/publicaciones-tema/Medio%20ambientales>)

Se publica anualmente el Panorama Ambiental, una publicación que tiene como objetivo mostrar algunos indicadores que denotan el estado de la situación ambiental cubana y los pasos que ha dado el país por integrarse al esfuerzo internacional de conocer y estudiar la realidad ambiental, y contribuir a la formulación e instrumentación de prácticas sustentables de desarrollo. Esta publicación contiene la siguiente información relevante para las cuestiones relativas al cambio climático: principales indicadores del clima; lluvia total media anual por provincias; frentes fríos de diferentes intensidades que han azotado a Cuba por meses; huracanes de diferentes intensidades que han azotado a Cuba; valor promedio anual de la concentración de dióxido de azufre (SO_2) por estaciones de monitoreo; valor promedio anual de la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2) por estaciones de monitoreo; ph de la lluvia anual por estaciones de monitoreo, emisiones de gases de efecto invernadero; consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono de acuerdo al potencial de agotamiento; superficie cubierta de bosques por provincias; uso de energía y revocabilidad energética; afectaciones por ciclones tropicales; e incendios forestales por causas.

5.9 Trabajo en redes

Preparación de las comunicaciones nacionales y los informes bienales de actualización

La continuidad del trabajo en redes para la elaboración de los tres componentes fundamentales de la comunicación nacional se ha mantenido como una fortaleza del trabajo. Estas redes son: inventario de gases de efecto invernadero; impactos, vulnerabilidad y adaptación; y mitigación del cambio climático.

Estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo

La realización de los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (PVR) funciona sobre la base de la participación de una red de diferentes instituciones y centros de investigación y donde intervienen especialistas de las provincias del país.

Red de Medio Ambiente del Ministerio de Educación Superior

Formada por 22 universidades, tres entidades de ciencia e innovación tecnológica (ECIT) y 162 centros universitarios municipales, se encarga de atender los aspectos vinculados con el medioambiente. Entre sus tareas de investigación asume los impactos del cambio climático en todas las esferas de la sociedad, además de desarrollar una cultura ambiental para el enfrentamiento del cambio climático y el desarrollo sostenible, tanto al interior de las universidades como en las comunidades. La organización en redes de las investigaciones vinculadas al medioambiente ha permitido la organización de otras redes ambientales temáticas dentro de las universidades, muy integradas a la Defensa Civil, como son las dedicadas a estudiar el impacto de los desastres en la flora y la fauna, el patrimonio construido, los desastres tecnológicos y la gestión integrada de los recursos hídricos.

Red Cubana de Formación Ambiental

La Red Cubana de Formación Ambiental (REDFA) es un espacio de concertación de los esfuerzos nacionales, tanto gubernamentales como de las organizaciones sociales, para un accionar coherente y sistemático de los actores clave en la educación ambiental del país. Desarrolla diversas actividades, entre ellas,

la capacitación de comunicadores y las campañas comunitarias de limpieza y reforestación, donde se resalta la importancia de estos ecosistemas para el enfrentamiento y adaptación al cambio climático.

Existen otras redes que abordan la capacitación y formación ambiental, que establecen sinergias con la REDFA; las cuales han incorporado el enfrentamiento al cambio climático entre sus temas priorizados, como son la Red de Medio Ambiente del Ministerio de Educación Superior (REDMA), la Red Juvenil Ambiental de Cuba (REJAC), la Red de Mapa Verde y la Red de Educadores Populares Ambientales.

Red Fuentes Renovables y Almacenamiento de Energía de la Universidad de la Habana y el proyecto “Fortalecimiento de universidades y centros de investigación en fuentes renovables de energía y eficiencia energética” (Conectando Conocimiento)

La Red Fuentes Renovables y Almacenamiento de Energía de la Universidad de La Habana, cuenta con la participación del Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales (IMRE), las facultades de Derecho, Física, Economía, Química, Turismo, la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), el Instituto de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (Instec), el Centro de Investigaciones Marinas y el Centro de Estudios de Administración Pública.

El objetivo de esta red es lograr sinergia entre grupos de trabajo en la Universidad de La Habana para el desarrollo de investigaciones y estudios en el tema de las fuentes renovables de energía y el almacenamiento de energía que apoyen el desarrollo del programa fotovoltaico nacional, la eficiencia energética y el cambio de la matriz energética; con vistas a la creación de un programa nacional de investigación en este tema a largo plazo.

Dentro de las acciones que realiza la Red destacan: la realización de estudios de factibilidad económica para las fuentes energéticas o los proyectos asociados a estas; el aporte de fundamentos para la formulación de regulaciones jurídicas; el desarrollo de prototipos de batería recargables de Litio con materiales obtenidos en el país; investigaciones sobre técnicas y materiales para la generación y el almacenamiento de hidrógeno, la conversión de energía en metano y la captura de CO₂; así como estudios de factibilidad y económicos del uso de fuentes renovables de energía y el cambio de la matriz energética.

El Ministerio de Educación Superior para apoyar, desde la academia, la implementación de la Política para el desarrollo perspectivo de las fuentes renovables de energía y el uso eficiente de las mismas, cuenta con un Grupo Nacional compuesto por especialistas de 7 universidades. Desde este, se

promueve la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i) para las fuentes renovables de energía y la eficiencia energética (FRE y EE).

Este Grupo Nacional de Universidades además implementa, en el contexto del Programa de “Apoyo a la política de energía de Cuba,” financiado por la Unión Europea con 18 millones de euros, en el marco de su estrategia de cooperación 2014-2020, el proyecto: “Fortalecimiento de universidades y centros de investigación en fuentes renovables de energía y eficiencia energética” (Conectando Conocimiento), coordinado por el Centro de Estudios Energéticos y Tecnologías Ambientales (CEETA) de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV).

Con orientación de los Ministerios de Educación (MES) y el Ministerio de Energía y Minas (Minem), el proyecto Conectando Conocimiento, fomenta el vínculo de instituciones académicas y científicas con el sistema empresarial, encargado de ejecutar los programas de aprovechamiento de las FRE y EE en Cuba, impulsa la formación de capacidades, la ejecución de servicios científico-técnicos y la ejecución de proyectos de I+D+i con participación de empresas, todo esto en asociación con universidades latinoamericanas y europeas.

Red Agraria de Cambio Climático (RACC)

La RACC está coordinada por el Ministerio de la Agricultura e integrada por instituciones científicas, académicas y productivas para “coordinar y facilitar la investigación, la capacitación, y la proyección de las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático del sector agrícola del país”. Como parte de su función de capacitación, en varias ocasiones ha impartido cursos básicos sobre cambio climático, extendido ya a más de 200 profesionales de instituciones científicas subordinadas al Minag. Adicionalmente, a solicitud de las instituciones, la RACC brinda asesoramiento en la identificación y organización de investigaciones científicas relacionadas con el cambio climático. Su boletín informativo (BRACC), de suscripción personal y gratuita, se distribuye mensualmente.

Integración a redes regionales y subregionales

La República de Cuba está integrada en la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC) desde su creación, junto a los países latinoamericanos, España, Portugal y Andorra. Participa activamente en los espacios de intercambio de experiencias y conocimientos, promovidas por esta Red.

Cuba se ha beneficiado de los cursos y seminarios que la misma desarrolla y ha realizado aportes a investigaciones conjuntas desarrolladas por sus integrantes.

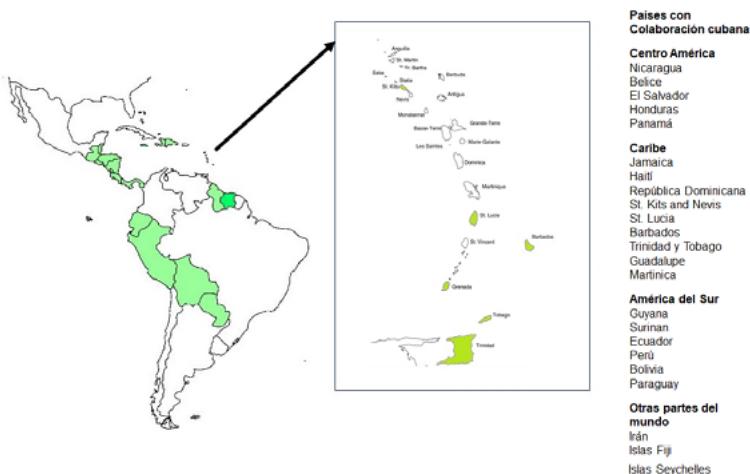


Figura 5.4 Colaboración Sur-Sur: Países que han recibido directamente el aporte de expertos cubanos.

A nivel subregional, la cooperación con los pequeños estados insulares en desarrollo del Caribe es significativa la asociación de largo plazo entre el Instituto de Meteorología y el Caribbean Community Climate Change Centre (CCCCC). También, Cuba participa en el Foro Regional de Perspectivas Climáticas del Caribe (CariCOF) y en el Foro Climático de Mesoamérica.

Como uno de los resultados de coordinación de la Tercera Comunicación Nacional, el país se integró, en marzo de 2019 a la Red Latinoamericana de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (Red INGEI). Esta red es una iniciativa de cooperación Sur-Sur y triangular entre 14 países latinoamericanos y donantes internacionales, formalizada en 2016 gracias al apoyo técnico y financiero del Programa Mundial de Apoyo (GSP) del PNUD/PNUMA para las comunicaciones nacionales y los informes bienales de actualización. Este paso constituyó un elemento fundamental en la mejora del INGEI, presentado en esta 3CN y en el Primer Informe Bienal de Actualización.

CAPÍTULO 6. OBSTÁCULOS, CARENCIAS Y NECESIDADES CONEXAS DE FINANCIACIÓN, TECNOLOGÍA Y CAPACIDAD

Se incluye en este capítulo información sobre las limitaciones y carencias y las necesidades conexas financieras, técnicas y de capacidad, consideradas de conformidad con las circunstancias y prioridades de desarrollo nacionales y sobre las actividades previstas y/o ejecutadas para superar los obstáculos y lagunas asociados con la aplicación de las actividades, medidas y programas previstos en la convención, y con la preparación y el mejoramiento de las comunicaciones nacionales de forma continua.

Esta información es limitada y se basa, sobre todo, en la experiencia del trabajo nacional en esta etapa, puesto que en el período de esta comunicación no se desarrollaron expresamente estudios de necesidades tecnológicas, de vacíos financieros, u otros para una evaluación sistemática de las limitaciones de capacidades.

6.1 Impacto del bloqueo económico, comercial y financiero

El bloqueo económico, comercial y financiero al que el Gobierno de los Estados Unidos de América somete a la República de Cuba, recrudecido bajo la administración de Donald Trump, representa la barrera fundamental para el acceso de Cuba a fuentes de financiamiento internacionales, insumos y tecnologías. Como es bien conocido, este bloqueo tiene carácter extraterritorial y está enfocado a la desarticulación total del sistema socioeconómico y, en definitiva, a la caída del gobierno cubano. Ha sido rechazado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en numerosas ocasiones, por una aplastante mayoría de los Estados miembros de la ONU.

A precios corrientes, los daños acumulados durante casi seis décadas de aplicación de esta política alcanzan la cifra de 138 mil 843.4 millones de dólares. Tomando en cuenta la depreciación del dólar frente al valor del oro en el mercado internacional, el bloqueo ha provocado perjuicios cuantificables por más de 922 mil 630 millones de dólares. Estas afectaciones no contabilizan las medidas adoptadas recientemente, las que han tenido un altísimo coste para nuestro país, cuyas dimensiones difícilmente podrán ser cuantificadas.

El impacto de esta política, especialmente del bloqueo, gravita sobre toda la agenda climática de Cuba, presentando serias limitaciones en el actuar nacional y en la capacidad del país para alcanzar metas más ambiciosas. En general, la vida en Cuba está sensible y negativamente influida por las políticas de los Estados Unidos de América contra Cuba.

6.2 Consideraciones asociadas a las dificultades, limitaciones y carencias relacionadas con necesidades financieras y tecnológicas

Bajo la CMNUCC, la obligación del financiamiento climático es inequívoca, y está claramente dispuesto que las Partes, que son países desarrollados, proporcionarán recursos financieros y tecnologías a los países en desarrollo. Sin embargo, la materialización de los requerimientos de transferencia de recursos financieros y tecnologías desde los países desarrollados a los países en desarrollo, se comporta en niveles muy por debajo de las necesidades y del compromiso internacional de la comunidad de donantes y se observan constantes esfuerzos en las negociaciones internacionales, para diluir y renegar de los compromisos establecidos.

Estas coyunturas de la financiación climática internacional, repercuten negativamente en el acceso a los recursos financieros y a tecnologías por el país, lo cual es adicionalmente dificultado por los complejos mecanismos y procedimientos que imponen los fondos climáticos y otras fuentes financieras. El acceso limitado a fuentes de financiamiento internacional (incluyendo créditos bancarios y ayudas de organismos internacionales) para nuevas inversiones y acceso a suministradores para garantizar partes y piezas de repuesto, y a tecnologías de punta (con una importante composición en materiales, software y patentes de los Estados Unidos de América), se ve adicionalmente afectado por el ya referido impacto del bloqueo económico, comercial y financiero.

Respecto al proceso de elaboración de la Comunicación Nacional, se necesitan recursos financieros de fuentes internacionales que aseguren el fortalecimiento institucional, para el funcionamiento estable de los diferentes equipos de trabajo que elaboran la comunicación nacional y que conforman los diferentes componentes del trabajo en redes institucionales. Este apoyo financiero es imprescindible para asegurar la sostenibilidad de la preparación de las comunicaciones nacionales, como un proceso ininterrumpido, y poder afrontar el reto de los reportes bienales y de las comunicaciones nacionales con

una periodicidad de cuatro años, de acuerdo a lo acordado por la Conferencia de las Partes de la Convención.

El limitado flujo de financiación climática disponible a nivel internacional, en particular para la adaptación, actúa como una barrera que se ve agravada por la gestión lenta, compleja y altamente burocrática de los fondos internacionales, lo cual ha resultado palpable en las interacciones con el Fondo Verde del Clima.

En el Primer Informe Bienal de Actualización, que se produce en conjunción con esta comunicación, aparece información sobre el apoyo financiero recibido en esta etapa.

6.3 Otros vacíos, barreras y necesidades identificadas

6.3.1 De carácter general

En el trabajo nacional pueden identificarse vacíos y barreras de diversa naturaleza, incluyendo:

De tipo organizacional-institucional. Asociadas a la limitada capacidad de instrumentación de las medidas de adaptación y mitigación al interior de los sectores y territorios, y la aún débil coordinación interinstitucional.

Relacionado con lo anterior, el sistema de información oficial del país no incluye aspectos fundamentales relacionados con el cambio climático, en particular con los inventarios de gases y la mitigación.

Una particular debilidad institucional, es la limitada capacidad para articular proyectos viables que puedan ser sometidos a los mecanismos internacionales de financiación climática, bajo las exigentes reglas de esos mecanismos.

Sobre el perfeccionamiento del marco estratégico. Si bien la jerarquización del enfrentamiento al cambio climático en los principales instrumentos de las políticas públicas (Lineamientos de la Política Económica y Social, Bases del Plan 2030) y la adopción del Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático en abril de 2017, significaron un impulso decisivo a las políticas nacionales, aún ello no se traduce en planes de adaptación y mitigación efectivos en todos los sectores y territorios. Se trata de un proceso aún en curso, que requerirá esfuerzos adicionales en el período actual de trabajo. Para los responsables de estos planes ha constituido un reto correlacionar sus proyecciones de desarrollo con los impactos actuales del clima y más aun con

los escenarios climáticos. Este proceso ha ido mejorando paulatinamente, y se espera que, en el nuevo ciclo del Plan de Estado, calificado como mediano plazo (2021-2030), aumente el rigor de la planificación, y se identifiquen con mayor claridad las medidas más efectivas, incluyendo su evaluación en términos económicos.

Relativas al completamiento del marco legal. Persisten vacíos importantes en el diseño e implementación de un marco legal expresamente dirigido al enfrentamiento del cambio climático en Cuba. Esta es una limitación con una alta probabilidad de ser remontada en el corto plazo, en tanto se trabaja hoy en normativas del más alto rango, que abordan la adaptación y la mitigación, y que están inscritas en el Programa Legislativo del Gobierno. No obstante, se refiere como vacío en este Capítulo, en tanto se trata de resultados que corresponderán a la etapa venidera.

6.3.2 Respeto a la adaptación

En el período transcurrido desde la Primera Comunicación hasta esta Tercera, el Gobierno cubano ha continuado dedicando la máxima prioridad y notables recursos financieros para mantener los sistemas de observación existentes y la investigación científica, en particular aquella dedicada al cambio climático o relevante para el mismo, a pesar de las difíciles condiciones económicas atravesadas por el país y existentes en la actualidad. Esta falta de recursos es una limitante a la capacidad intelectual existente en el país, a fin de avanzar en los complejos estudios sobre el cambio climático. Las restricciones financieras son mucho mayores en el caso de los sistemas de observación y monitoreo, pues los recursos que se requieren son significativamente superiores.

En general, para la adaptación existen vacíos que deben ser abordados para avanzar más en el entendimiento del cambio climático y el perfeccionamiento del Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático; y que están relacionados con las especificidades de cada componente de la Comunicación Nacional. Esto incluye:

- Los sistemas existentes para el monitoreo del clima y de la calidad del aire resultan insuficientes.
- Se confronta la escasez de bases de datos necesarias o con el grado de desagregación y calidad requeridas, para los procesos de evaluación de los impactos del cambio climático.

- Se considera insuficiente el abordaje del tema de la influencia del cambio climático sobre los recursos pesqueros, incluidos el maricultivo y la acuicultura; la construcción; el comercio exterior; y el tratamiento de la influencia del nivel del mar sobre los procesos de salinización, intrusión marina e impacto en las obras hidráulicas.
- Tampoco es suficiente el tratamiento recibido a los impactos del cambio climático sobre el sector turístico.

En consecuencia, se requieren recursos financieros de fuentes internacionales para:

- Continuar renovando el equipamiento necesario para mantener y ampliar los sistemas de observación sistemática.
- Introducir e implementar nuevas técnicas de medición y análisis de parámetros relativos a la composición química de la atmósfera.
- Adquirir el equipamiento para la toma de muestras y los análisis de laboratorio dirigido a la determinación de coeficientes de emisión de gases de efecto invernadero, propio de nuestras condiciones climáticas.
- Desarrollar las capacidades nacionales para acceder y utilizar efectivamente la información de los sistemas de vigilancia global, la cual es generada con soportes tecnológicos de última generación.
- Posibilitar la participación de Cuba en sistemas de observación global, que requieran de técnicas y métodos más avanzados.

6.3.3 Respeto a la mitigación

En el caso de la mitigación las opciones analizadas enfrentan diferentes limitaciones, barreras y necesidades tecnológicas y abren diversas oportunidades según la naturaleza de la opción y el sector considerado. Las barreras más importantes identificadas en la Tercera Comunicación Nacional fueron las siguientes:

- No se cuenta con estrategias de mitigación por sectores, ni con prioridades para su ejecución.
- Insuficientes mecanismos e incentivos para la implementación de acciones de mitigación.
- Falta de personal capacitado en el tema de cambio climático y en mitigación sectores, territorios y proyectos de desarrollo, donde se debe tener en cuenta la dimensión mitigación.

- Sistemas de recopilación de información diseñados para otros objetivos que resultan inadecuados para los fines de mitigación.
- Insuficiente conexión entre los sectores; y entre estos y los territorios para la ejecución de programas a nivel de la economía nacional.
- Insuficiente sistematización de la base metodológica, de datos y de cálculo para las evaluaciones ex-ante, el seguimiento sistemático y las evaluaciones ex-post.
- Falta de factores de emisión propios, que reflejen con mayor realidad las características de los combustibles, tecnologías, procesos y actividades en el contexto nacional.
- Falta de los sistemas de MRV requeridos para los sectores, acciones y proyectos con mayor incidencia en la mitigación.

En particular, para la preparación del Inventario Nacional de Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero y su actualización existen vacíos importantes que incluyen:

- La falta de coeficientes de emisión propios.
- La no disponibilidad de datos en el país (o dificultades para su captación), que se arrastran de reportes previos y no pudieron resolverse en este reporte. Entre ellos está la captación de consumos de hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Aunque estos productos no se producen en el país, se estima se consumen determinadas cantidades, así como también los asociados a reductores utilizados en algunas producciones de metales.
- Dificultades para la estimación de algunas emisiones procedentes de los suelos agrícolas y para la obtención de información de calidad referente al consumo de fertilizantes sintéticos nitrogenados.
- Dificultades para la obtención de informaciones claves relacionadas con las emisiones de fuentes móviles.
- Falta de financiamiento que no permitió obtener y preparar la información referente al uso y cambio de uso de la tierra acorde a las nuevas categorías y formato establecidos en las normativas IPCC-GPG 2003 e IPCC 2006 GL, especialmente para plazos previos alejados del año en curso.

6.3.4 Otros vacíos y barreras

En esta comunicación nacional no se logró un avance sustancial en el enfoque de género y etario. Este es un importante vacío, que no se corresponde con

los importantes avances de Cuba en estas áreas. En ello influyen dos factores fundamentales: el sistema de información gubernamental aun no refleja adecuadamente esta información de manera sectorial; y en algunos sectores no existe comprensión de la necesidad de reflejar en sus informes y datos los avances que tienen en estos aspectos del trabajo que realizan.

6.4 Actividades para superar los obstáculos y vacíos

Reconociendo los vacíos y barreras hoy existentes, se han identificado como líneas de acción prioritarias para esta etapa de trabajo:

- Fortalecimiento de la institucionalidad y la gobernanza climáticas, incluyendo el marco legal, incluyendo el perfeccionamiento de los planes nacionales de adaptación y mitigación en todos los sectores relevantes.
- Consolidación del modelo local para la gestión de los recursos naturales y el enfrentamiento al cambio climático.
- Análisis y creación de cadenas intersectoriales para remontar las barreras en los sectores.
- Formulación de estrategias de largo plazo a partir de la internalización del concepto de un “desarrollo más bajo en carbono”, expresado en el PNDES 2030.
- Desarrollo de estrategias financieras integradas, lo cual incluye la identificación de las necesidades de financiamiento para cumplir con los objetivos nacionales en materia de mitigación y adaptación y el fortalecimiento de capacidades para la formulación de proyectos bancables.
- Desarrollo de instrumentos económicos y financieros de manera consistente con las Bases del Plan de Desarrollo Económico y Social, incluyendo la evaluación de opciones de fondos nacionales, líneas de créditos, seguros, tributos y otros mecanismos que puedan aplicarse en materia de enfrentamiento al cambio climático.
- Implementación de mecanismos de monitoreo y evaluación de las políticas climáticas. Consistencia con los procesos de MRV/trasparencia y seguimiento de las CND, tanto en las acciones acometidas como del soporte proporcionado.
- Fortalecimiento de la educación, la sensibilización y la participación ciudadana en el enfrentamiento al cambio climático.

**Tercera Comunicación Nacional a la Convención
Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático**

REFERENCIAS

- ÁGUILA, A., R. BERNEDO, A. LLOP, M. RAMÍREZ, L. BRAVO, A. FERNÁNDEZ y Y. LEDO, (2007): Estudio de marcadores fenotípicos y de susceptibilidad antimicrobiana en cepas, *Rev. Cubana Med. Trop.* 59(2): 102-107.
- ÁLVAREZ, A. (2014): *El cambio climático y el sector agrario*. Post grado. Ministerio de la Agricultura.
- (2017): *Comportamiento de la capacidad sumidero del sector forestal cubano*. Inst. Inv. Agroforestales.
- , A. MERCADET y Y. RODRÍGUEZ (2016): *Informe de emisiones del sector forestal en Cuba*. Inst. Inv. Agroforestales, La Habana, Cuba.
- et al. (2017): *Impactos y adaptación al cambio climático en el sector forestal cubano: sexta aproximación*. Inst. Inv. Agroforestales, Grupo Empresarial Agroforestal. La Habana, Cuba. 360 pp.
- AMA (2019): *Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana, asociados al ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100*. Agencia de Medio Ambiente. Resumen anual de los resultados del MacroProyecto.
- BAIN, J. (1958): Morphological, Anatomical and physiological changes in the developing fruit of the ‘Valencia’ orange [Citrus sinensis (L.) Osbeck]. *Aust. J. Bot.* 6, 1-24.
- BENGSSON, L. and K. HODGES (2011): On the evaluation of temperature trends in the tropical troposphere. *Clim. Dyn.*, 36, 419-430.
- BERNEDO, R. N. (2008): *Patrones de resistencia antimicrobiana y confirmación molecular de cepas de Escherichia coli entero hemorrágica de interés clínico en Cuba*. Tesis de maestría en bacteriología micología. Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí, 73 pp.
- BETANCOURT, M., M. E. GARCÍA, T. CASTRO-LÓPEZ, Y. PÉREZ, C. MESEJO, A. MARTÍNEZ-FUENTES, et al. (2006): Influencia de la temperatura y la humedad del suelo sobre la época de recolección del pomelo (*Citrus paradisi Macf.*) cultivado en condiciones de clima tropical húmedo. *Levante Agrícola*. 382, 284-293.
- BLÁZQUEZ, E. L. (1989): *Anomalías del nivel del mar en La Habana, Cuba, durante el evento El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) de 1982-1983*. Reporte de Investigación, 6 (11), 8 pp.

- BOQUET, A. (2019): *Estimados de población concentrada por asentamientos y consejos populares bajo un escenario tendencial*. Documento interno del IPF, La Habana, Cuba.
- (2012): *Estudio nacional migraciones internas 1976-2010*. Instituto de Planificación Física.
- CAPOTE, R., y R. BERAZAÍN (1984): Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Rev. Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 5(2): 27-75.
- CENTELLA, A., y A. BEZANILLA (2013): Escenarios climáticos. En Planos, E., R. Rivero, y A. Guevara, (eds.): *Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*. Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. La Habana, Cuba, pp. 99-117.
- , L. NARANJO, L. PAZ, P. CÁRDENAS, A. ALFONSO, M. BALLESTER, B. LAPINEL, C. GONZÁLEZ, R. PÉREZ, M. LIMIA y M. SOSA (1997): Variaciones y cambios del clima en Cuba. Informe del Centro Nacional del Clima. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba, 55 pp.
- Citma (2016): *Estrategia ambiental nacional 2016-2020*.
- (2018): Sexto Informe Nacional al Convenio sobre Diversidad Biológica. Cuba.
- CMNUCC (2002): Decisión 17/CP.8. Directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales de las Partes no Incluidas en el Anexo I de la Convención.
- (2003): Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 8.º período de sesiones, celebrado en Nueva Delhi del 23 de octubre al 1 de noviembre de 2002.
- (2004): Informando sobre cambio climático. Manual del usuario para las Directrices sobre comunicaciones nacionales de las Partes no-Anexo I de la CMNUCC. 33 pp.
- (2006): Directrices actualizadas de la Convención Marco para la presentación de informes sobre los inventarios anuales, tras la incorporación prevista en la decisión 14/ CP.11.
- (2007): Decisión 9/CP.13. Programa de trabajo de Nueva Delhi enmendado para la aplicación del artículo 6 de la Convención.
- (2011): Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 16º período de sesiones, Cancún, del 29 de noviembre al 10 de diciembre, 2010.
- (2012): Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 17.º período de sesiones, Durban, del 28 de noviembre al 11 de diciembre, 2011.

- COLLINS, M., S. TETT and C. COOPER (2001): The internal climate variability of HadCM3, a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Clim. Dyn.*, 17, 61-81.
- Cuba (2015): Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, 228 pp.
- (2017): VI Congreso del Partido Comunista de Cuba. Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021 [Consulta 20 de noviembre de 2019]. Disponible en <http://www.granma.cu/file/pdf/gaceta/Lineamientos%202016-2021%20Versi%C3%B3n%20Final.pdf>.
- (1998): Ley forestal (Ley No. 85), 27 pp.
- (2019a): Constitución de la República. En *Gaceta Oficial de la República de Cuba*. Ed. extraordinaria No. 5, Ministerio de Justicia, La Habana, 10 de abril de 2019.
- (2019b): Decreto 363. En *Gaceta Oficial de la República de Cuba*. Ed. ordinaria, Ministerio de Justicia, La Habana, 8 de noviembre de 2019.
- DEL VALLE, N. (1974): Desarrollo y maduración del fruto en diferentes especies del género *Citrus*. Centro Agrícola. 1(1): 35-63.
- DURAND, L. O., P. Y. CHENG, R. PALEKAR *et al.* (2016): Timing of influenza epidemics and vaccines in the American tropics, 2002-2008, 2011-2014. Influenza and other respiratory viruses. 10, 170-5.
- EPA (2011): Desarrollando un sistema de inventario nacional de gases de efecto invernadero, Plantillas de ejercicio.
- FARIAS, F., *et al.* (2016): Segundo Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente de Chile. ISBN: 978-956-7204-55-7. Disponible en https://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_parties/biennial_update_reports/application/pdf/bur2_chile_spanish_corrected_version.pdf.
- FEINBERG, R. (2011): Extender la mano: la nueva economía de Cuba y la respuesta internacional. Disponible en https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/1118_cuba_feinberg_spanish.pdf.
- FERRÁS H., M. CAMINO, A. MARTELL, Y. ABREU, y L. CASTRO (2018): Modelación de la distribución potencial de especies de mixomicetes en Cuba y el posible impacto del cambio climático en esta. En: Mena J.: *Diversidad y conservación de hongos en tres humedales cubanos*. Informe Final de Proyecto. Agencia de Medio Ambiente, 29 pp.
- FLATO, G. (2011): Earth system models: an overview. Wiley Interdisciplinary. *J. Climate Change*, 2, 783-800.

- GUZMÁN, M. G., et al. (2016): Dengue, Ed. Ciencias Médicas, 512 pp., La Habana.
- HARRISON (2009): *Principios de la medicina Interna*, 17^a ed. Mc Graw-Hill, 785 pp., México.
- HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M. (2015): *Variabilidad y pronóstico de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico en el archipiélago cubano*. ISBN: 978-959-298-035-8 <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/519>.
- _____, C. A. MARTÍNEZ and O. MARZO (2014): Consequences of sea level variability and sea level rise for Cuban territory. In: Complex Interfaces Under Change. Sea – River – Groundwater – Lake. Edited by C. Cudennec, M., M., Kravchishina, J. Lewandowski, D. Rosbjerg, and P. Woodworth. IAHS Publication 365, ISSN 0144-7815, pp. 22-27.
- _____, J. L. JUANES, L. M. MARRERO, Y. CARRILLO, J. L. OLIVERA, Y. ALMEIDA y otros (2019): Perfeccionamiento del conocimiento predictivo acerca de la variabilidad y tendencia del nivel medio del mar relativo a largo plazo, y su influencia sobre los arrecifes, las playas, las corrientes marinas y el contenido de CO₂. Archivo científico del Instituto de Ciencias del Mar. 120 pp., La Habana, Cuba.
- IGBP (1993): The LOICZ Science Plan. IGBP. Report No. 25, Stockholm.
- IGT (2019): Atlas Nacional de Cuba LX Aniversario. Sello Editorial: GEOTECH (Instituto de Geografía Tropical) (959-7167). ISBN: 978-959-7167-65-5.
- INRH (2016): Principales Indicadores y datos de infraestructura hidráulica.
- Insmet (2020): *Boletín de Vigilancia del Clima*: abril 2020.
- IÑIGUEZ, R. L., J. M. MATEO (1980): Geografía física de Cuba. Componentes físico-geográficos y paisajes. MES.
- IOC (2006): Manual on sea level measurement and interpretation. Manual and Guides 14 (IV): And update to 2006, 80 pp.
- IPCC (1995): Second Assessment Report.
- _____(2000): Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Nakićenović, N. and R. Swart (eds.), 570 pp., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- _____(2006): Directrices IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, vol. I, II, III, IV, V.
- IPF (2009): Informe del Proyecto 8. Documento interno del IPF, La Habana, Cuba.

- (2018): *Esquema nacional de ordenamiento territorial*. Publicación interna.
- (2019): Informe del Proyecto 8. Documento interno del IPF, La Habana, Cuba.
- ITURRALDE-VINENT, M. A. (1998): Sinopsis de la constitución geológica de Cuba, Acta Geológica Hispana, vol. 33, No. 1-4, pp. 9-56.
- (2009): *Geología de Cuba para todos*, Ed. Científico-técnica, La Habana.
- JONES R. G., M. NOGUER, D. HASSEL, D. HUDSON, S. WILSON, G. JENKINS, and J. MITCHELL (2004): Generating high-resolution climate change scenarios using HadRM3P. 40 pp., Met Office Hadley Centre Report.
- KOTTEK, M., J. GRIESER, C. BECK, B. RUDOLF and F. RUBEL (2006): World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorol. Z., 15, 259-263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.
- LA O, J. A., y E. SALINAS (2011): Escenarios del turismo litoral en Holguín ante los impactos del cambio climático. II Convención Internacional Geografía, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial, pp. 1655-1667, La Habana.
- LECHA, L.B., D. GARCÍA y E. CARVAJAL (2015): ¿Ocurren olas de calor en Cuba? Disponible en <http://temas.sld.cu/vigilanciaensalud/2015/09/08/altas-temperaturas-y-mortalidad-en-exceso-en-cuba/> [Consulta, octubre 2018].
- , L. R. PAZ, B. LAPINEL (1994): El clima de Cuba, Ed. Academia, 186 pp. La Habana, Cuba, ISBN 959-02-0006-0.
- LEVY, K. (2017): Reducing Health Regrets in a Changing Climate, The Journal of Infectious Diseases. 215 (1): 14–16. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiw522>.
- LÓPEZ Y. (2019): Tendencias y respuestas del manglar ante la elevación del nivel medio del mar para los años 2050 y 2070. Informe final de proyecto, 20 pp. Agencia de Medio Ambiente.
- LÓPEZ-MEDELLÍN, X., E. EZCURRA, C. GONZÁLEZ-ABRAHAM, J. HAK, L. S. SANTIAGO, and J. O. SICKMAN (2011): Oceanographic anomalies and sea-level rise drive mangroves inland in the Pacific coast of Mexico, J. Vegetation Science, 22, 143-151.
- LOZA, S. et al. (2017): Evaluación de los impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad y desarrollo de estrategias de adaptación en dos regiones de ecosistemas frágiles de Cuba: Cambio. Informe Final de proyecto. Programa Nacional de Cambio Climático.

- LOZANO, R., M. NAGHAVI, K. FOREMAN, S. LIM, K. SHIBUYA, V. ABOYANS, *et al.* (2012): Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010. A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study, *Lancet* 380, 2095-2128.
- MANCINA, C. (2018): Distribución potencial actual y futura de especies de la flora y la fauna de Cuba: explorando efectos del cambio climático sobre la biota terrestre. Informe Final de Proyecto, 42 pp. Agencia de Medio Ambiente.
- MCINTOSH, P. C., J. A. CHURCH, E. R. MILES, K. RIDGWAY and C. M. SPLLAMAN (2014): Seasonal coastal sea level prediction using a dynamical model, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 6747–6753, doi: 10.1002/.2015GL065091.
- MENÉNDEZ, L. (2013): El ecosistema de manglar en el archipiélago cubano: bases para su gestión. Tesis doctoral, 171 pp. Universidad de Alicante.
- MIRANDA, C. A. (2017): Distribución potencial de pinares en el occidente de Cuba ante diferentes escenarios de cambio climático. Tesis de doctorado, 146 pp. Universidad de Pinar del Río.
- MICONS (2019): Sitio institucional www.micons.gob.cu. Mujeres cubanas en el sistema Micons al cierre del año 2019. Redacción Micons, 23 de diciembre de 2019.
- MINSAP (2019): Anuario estadístico de salud 2018.
- (2020): Anuario estadístico de Salud 2019.
- MINREX (2019): Informe de Cuba sobre la Resolución 73/8 de la Asamblea General de las Naciones Unidas. “Necesidad de poner fin al bloqueo económico, comercial y financiero impuesto por los Estados Unidos de América contra Cuba”. Editciones Minrex.
- NICHOLLS, R. J. and A. CAZENAVE (2010): Sea-level rise and its impact on coastal zones, *Science*, 328(5985): 1517-1520.
- OLIVEROS A. (2015): Protocolo de monitoreo para determinar el comportamiento espectral de la cobertura vegetal a partir de datos Landsat y MODIS. IGT. La Habana, Cuba.
- OMM (1990): Vocabulario meteorológico internacional, OMM No. 182. Ginebra, Suiza.
- ONEI (2014): Informe Nacional. Censo de Población y Viviendas 2012., 427 pp. La Habana [consulta 5 de mayo 2019]. Disponible en www.onei.cu.
- (2018): Panorama ambiental. Cuba 2017.
- (2019a): Anuario estadístico de Cuba 2018. Capítulo 1 Territorio, 15 pp.
- (2019b). Panorama ambiental Cuba 2018.

- (2019c). Anuario demográfico de Cuba 2018.
- (2019d). El envejecimiento de la población cubana 2018.
- (2019e). Panorama económico y social. Cuba 2018, 26 pp.
- (2019f): Anuario estadístico de Cuba 2018. Capítulo 10 Minería y Energía, 17 pp.
- (2019g): Anuario estadístico de Cuba 2018. Capítulo 15 Turismo, 16 pp.
- OPS-OMS (2018): Control sanitario. Disponible en: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10838:2015-peligros-biologicos&Itemid=41432&lang=es. Accesado 9 de septiembre de 2018.
- ORTIZ-BULTÓ, P. L. (2001): Principios metodológicos para la evaluación del impacto de la variabilidad y el cambio climático en la salud humana. Un enfoque estadístico, *Rev. Col. Meteorol.*, 3, 75-84.
- , E. A. PÉREZ, A. RIVERO, A. PÉREZ, J. R. C. VÁZQUEZ, A.V. GUEVARA, *et al.* (2010): Impactos de la variabilidad y el cambio climático en el sector de la salud, proyecciones al 2050 en Cuba, *Rev. Col. Meteorol.* 40, 79-91.
- , A. RIVERO, Y. LINARES, A. PÉREZ (2015): Spatial models for prediction and early warning of Aedes aegypti. Proliferation from data on climate change and variability in Cuba. MEDICC Review. vol. 17, p. 20-28.
- , Y. L. VEGA, O. V. RAMÍREZ, B. A. HERRERA, S. B. GUTIÉRREZ (2017): Temporal-Spatial Model to Predict the Activity of Respiratory Syncytial Virus in Children Under 5 Years Old from Climatic Variability in Cuba. *In. J. Virol. Infectious Diseases*, 3(1): 030-037.
- Partido Comunista de Cuba (2016): Actualización de los Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021, 57 pp. La Habana, Cuba.
- PÉREZ, R., C. FONSECA, B. LAPINEL, C. GONZÁLEZ, E. PLANOS y otros (2011): Segunda evaluación de las variaciones y tendencias del clima de Cuba. En II Congreso Internacional de Cambio Climático de la VIII Convención Internacional de Medioambiente y Desarrollo, La Habana, Cuba, ISBN 978-959-300-018-5.
- PÉREZ-PARRADO, R. (2019): Ascenso del nivel del mar en Cuba por cambio climático, *Rev. Cub. Meteorol.* 25(1): 76-83.
- , I. SALAS, S. SAMPER y J. DOLE (2008): Surgencia provocada por los ciclones tropicales en el archipiélago cubano. Escenarios previstos por cambio climático para los años 2050 y 2100. Informe final del proyecto 9 del macroproyecto del Citma, 164 pp. Instituto de Meteorología.

- PÉREZ, M. y M. PENICHET (2014): Los rendimientos arroceros en Cuba: propuesta de un sistema de acciones, *Rev. Econ. y Des.* 152 (2): 138-154.
- PLANOS, E., M. LIMIA, R. VEGA, M. HERNÁNDEZ y D. BOUDE (2012): *Características y causas de las grandes precipitaciones y las precipitaciones intensas en Cuba. Reporte científico del Instituto de Meteorología.* Programa Científico Técnico ramal “Análisis y pronóstico del tiempo terrestre y espacial, La Habana, Cuba.
- , 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,* Ed. AMA, 121 pp. Agencia de Medio Ambiente. ISBN: 978-959-300-138-0.
- , R. RIVERO y A. GUEVARA (eds.) (2013): Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba, Ed. AMA, 430 pp. Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba.
- PUGH, D. (1986): Tides, Surges and Mean Sea-Level. Natural Environment Research Council. Swindon, UK. John Wiley & Sons. ISBN 0 471 91505 X, 486 pp.
- and G. A. Mau (1999): Coastal Sea Level Prediction for Climate Change. *Coastal and Estuarine Studies* 56, 377-444.
- THEUERKAUF, E. J., A. RODRÍGUEZ, S. R. FEGLEY and R. A. LUETTICH JR. (2014): Sea level anomalies exacerbate beach erosion. *Geophys. Res. Lett.*, 41, 5139-5147, doi: 10.1002/2014GL060544.
- REY, O. (2019): Situación actual en materia del cumplimiento del ODS 13. En: Informe sobre el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). República de Cuba. Informe del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente-Citma (inédito).
- RIBAS, M. A, Y. TEJERO, Y. CORDERO, M. LEÓN, M. RODRÍGUEZ, M. PÉREZ-LASTRE *et al.* (2015): Detection of rotavirus and other enteropathogens in children hospitalized with acute gastroenteritis in Havana, Cuba. *Arch Virol.* 160(8), 1923-1930.
- RIVERO, A. (2008): Incidencia del clima sobre la mortalidad por IMA en Cuba durante el período 2000-2005. Tesis de maestría, 59 pp. Universidad de La Habana, Cuba.
- SALAS, I., R. PÉREZ-PARRADO, S. SAMPER y J. DOLE (2006): Impacto de la surges en el archipiélago cubano, considerando los cambios climáticos. Informe final del proyecto de investigación 01309168, 284 pp. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.

- SÁNCHEZ, J. A. y M. PERNÚS (Inédito): Impacto del calentamiento global en la germinación de árboles de bosques húmedos, 6 pp. Instituto de Ecología y Sistemática, Cuba.
- SUÁREZ, A. *et al.* (2013): Diversidad biológica. En: Planos E., R. Rivero y A. Guevara (eds.): Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba, Ed. AMA, Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, pp. 203-261, La Habana, Cuba, ISBN 978-959-300-039-0.
- SUÁREZ, E. (2012): Programa de mejoramiento genético en Cuba. I Taller GRISP de mejoradores de arroz de América Latina y el Caribe. CIAT, Palmira, Colombia.
- VAN VUUREN, D. P. *et al.* (2011): The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change*, 109, 5-31.
- VEGA, Y. L., P. L. ORTIZ, B. H. ACOSTA, O. R. VALDÉS, S.G. BORROTO *et al.* (2018): Influenza's Response to Climatic Variability in the Tropical Climate: Case Study Cuba. *Virol Mycol* 7. 1000179. doi:10.4172/2161-0517.1000179.
- , O. V. RAMÍREZ, B. A. HERRERA y P. L. ORTIZ (2017): Impact of Climatic Variability in the Respiratory Syncytial Virus Pattern in Children Under 5 Years-Old Using the Bulto Climatic Index in Cuba, *In. J. of Virology Infectious Diseases*, 2(1): 014-019.
- VELAYATI, A. K, G. S. KIUMARS and M. TARAVATI (1987): A study of *Salmonella*, *shigella* and enteropathogenic *Escherichia coli* serotypes in acute gastroenteritis children under the age of five. *Rabiolava*. 1 ll408 nov.
- WHO (2018): World health statistics: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Geneva: World Health Organization; 2018. Available from: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272596/19789241565585-eng.pdf?ua=1>
- WIGLEY, M. L. (2008): Magicc/Scengen 5.3: User manual, NCAR, Boulder, CO. (version 2), 81 pp.

**Tercera Comunicación Nacional a la Convención
Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático**

Anexos

**Tercera Comunicación Nacional a la Convención
Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático**

Anexo A. Tablas del INGEI

Tabla A 1 Metodología y fuentes de información

Categoría	Subcategoría	GEI	Método	Fuente del factor de emisión	Fuente del dato de actividad
ENERGÍA					
1A. Actividades de quema de combustibles	1A1 - Industrias de la energía	CO ₂ CH ₄ N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 2, Cap. 2 Cuadro 2.2	Balance Energético Nacional, ONURE, UNE, CU-BAENERGÍA, Minem
		CO ₂ CH ₄ N ₂ O	Nivel 1		Consumo propio en el Balance Energético Nacional, Minem
	1A2 - Industrias manufactureras y de la construcción	CO ₂ CH ₄ N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 2, Cap. 2 Cuadro 2.3	Balance Energético Nacional, Minem, Mindus, Minal, Az-Cuba
	1A3 - Transporte	CO ₂ CH ₄ N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 2, Cap. 3 Cuadros: 3.2.1, 3.2.2, 3.4.1, 3.5.2, 3.5.3, 3.6.4 y 3.6.5	Balance Energético Nacional, Mitrans, IACC
		CO ₂ CH ₄ N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 2, Cap. 3 Cuadro: 3.3.1	Balance Energético Nacional, Minag, MICONS
	1A4 - Otros sectores	CO ₂ CH ₄ N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 2, Cap. 2 Cuadro 2.4. y Cua- dro 2.5	Balance Energético Nacional
1B - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	1B2 - Petróleo y gas natural	CO ₂ CH ₄ N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 2, Cap. 4 Cuadro 4.2.5.	Balance Energético Nacional, Anuarios Estadísticos Nacionales, ENERGAS, CUPET

Tabla A 1 (continuación)

Categoría	Subcategoría	GEI	Método	Fuente del factor de emisión	Fuente del dato de actividad
IPPU					
2A - Industria de los minerales	2A1 - Producción de cemento	CO ₂	Nivel 2	IPCC 2006. Vol. 3, Cap. 2 Cuadro 2.4	MICONS
	2A2 - Producción de cal	CO ₂	Nivel 2	IPCC 2006. Vol. 3, Cap. 2 Cuadro 2.4	ONEI
	2A3 - Producción de vidrio	CO ₂	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 3, Cap. 2 Cuadro 2.6.	Unión Vidriera Caribe MINBAS (no existen actualmente)
2B - Industria Química	2B1 - Producción de amoníaco	CO ₂	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 3, Cap. 3 Cuadro 3.1	CIIQ
	2B2 - Producción de ácido nítrico	N ₂ O	Nivel 2	IPCC 2006. Vol. 3, Cap. 3 Cuadro 3.3.	CIIQ
	2B5 - Producción de carburo de calcio y de Silicio	CO ₂	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 3, Cap. 3 Cuadro 3.7	ONEI
AFOLU					
3A - Ganadería	3A1 - Fermentación entérica	CH ₄	Nivel 2	ICA, CIMAGT, EEPFIH, INSMET	ONEI, Minag
	3A2 - Gestión del estiércol	CH ₄ N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 4, Cap. 10 Cuadros 10.14, 10.16 y 10.21	ONEI, Minag
3B - Tierras	3B1 - Tierras Forestales	CO ₂	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 4, Cap. 3 Cuadros 3.2.2, INAF	INAF, GAF, Minag

Categoría	Subcategoría	GEI	Método	Fuente del factor de emisión	Fuente del dato de actividad
3C - Fuentes agregadas y emisiones de no CO ₂ provenientes de la tierra	3C2 - Encalado	CO ₂	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 4, Cap. 11 página 11.31	IIS, Minag
	3C4 - Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 4, Cap. 11 Cuadro 11.1	ONEI, Minag, IIS, IIP
	3C5 - Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 4, Cap. 11 Cuadro 11.3	ONEI, Minag, IIS, IIP
	3C6 - Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol	N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 4, Cap. 11 Cuadro 11.3	ONEI, Minag, IIS, IIP
	3C7 - Cultivo de arroz	CH ₄	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 4, Cap. 5 Cuadros 5.11, 5.12, 5.13, 5.14.	IIG, Minag

DESECHOS

4A - Eliminación de desechos sólidos	4A3 - Sitios de eliminación de Desechos Sólidos no categorizados	CH ₄	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 5, Cap. 3 Cuadros 3.1 y 3.3	Anuarios Estadísticos Nacionales (ONEI), MEP
4D - Tratamiento y eliminación de aguas residuales	4D1 - Aguas residuales domésticas	CH ₄ N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Cap 6. Cuadro 6.2, Cuadro 6.3 y Cuadro 6.11	Anuarios Estadísticos Nacionales (ONEI), INRH
	4D2 - Aguas residuales Industriales	CH ₄	Nivel 1	IPCC 2006. Vol. 5, Cap. 6 Cuadro 6.2 y Cuadro 6.8	Anuarios Estadísticos Nacionales (ONEI), INRH, Mindus, Minal

Tabla A 2 Subcategorías no estimadas (NE) en el INGEI. Serie 1990-2016

Código	Categorías y subcategorías
1. Energía	1.A.3.d.i Navegación marítima y fluvial internacional (tanques de combustible internacional)
	1.A.3.d.ii Navegación marítima y fluvial de cabotaje
	1.A.3.e.i Transporte por tuberías
	1.B.2.a.i Venteo (petróleo)
	1.B.2.a.ii Quema en antorcha (petróleo)
	1.B.2.a.iii.1 Exploración (petróleo)
	1.B.2.a.iii.3 Transporte (petróleo)
	1.B.2.a.iii.5 Distribución de productos petrolíferos (petróleo)
	1.B.2.b.i Venteo (gas natural)
	1.B.2.b.ii Quema en antorcha (gas natural)
	1.B.2.b.iii.1 Exploración (gas natural)
	1.B.2.b.iii.3 Procesamiento (gas natural)
	1.B.2.b.iii.4 Transmisión y procesamiento (gas natural)
2. IPPU	2.A.3 Producción de vidrio
	2.A.4.a Cerámicas
	2.A.4.b Otros usos de ceniza de sosa
	2.A.4.c Producción de magnesia no metalurgia
	2.B.5 Producción de carburo de calcio y de silicio
	2.C.2 Producción de ferroaleaciones
	2.C.3 Producción primaria de aluminio
	2.C.4 Producción de magnesio
	2.C.5 Producción de plomo
	2.C.6 Producción de cinc
	2.D.1 Uso de lubricantes
	2.D.2 Uso de la cera de parafina
	2.E. Industria electrónica
	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono
	2.G. Manufactura y utilización de otros productos
	2.H. Otros

3. AFOLU	3.B.1.b	Tierras convertidas a tierras forestales
	3.B.2	Tierras de cultivo
	3.B.3	Pastizales
	3.B.4	Humedales
	3.B.5	Asentamientos
	3.B.6	Otras tierras
	3.C.1	Emisiones por quema de biomasa
4. Desechos	3.D.1	Productos de madera recolectada
	4.A.1	Sitios gestionados de disposición de desechos
	4.A.2	Sitios no controlados de disposición de desechos
	4.B	Tratamiento biológico de desechos sólidos
	4.C	Incineración y quema abierta de desechos

Tabla A 3 Emisiones/absorciones totales de GEI por categoría y subcategoría de fuente. Año 2016

Sector/Categoría/Subcategoría/ fuente de emisión		CO ₂ eq kt	CO ₂ kt	CO ₂ kt	CH ₄ kt	CO ₂ eq kt	N ₂ O kt	CO ₂ eq kt	Total CO ₂ eq kt
Nomen- clatura	Emisiones brutas (sin absorcio- nes netas de [3B] Tierra)	50213.5	31869.5	585.5	12295.2	19.5	6048.6		50213.7
	Absorciones ([3B] Tierra)	-27147.2		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-27147.2
	Emisiones netas (incluyendo las absorciones de [3B] Tierra)	23066.5		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23066.5
1	Energía		30979.7	205.6	4316.8	0.5	115.5		35411.9
1.A	Actividades de la quema de com- bustibles		30965.9	2.1	38.6	0.4	102.2		31124.7
1.A.1	Industrias de la energía		21254.9	0.8	16.6	0.2	47.6		21319.0
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción		5716.1	0.5	10.9	0.1	25.9		5752.9
1.A.3	Transporte		2137.7	0.2	5.0	0.1	37.8		2180.5
1.A.4	Otros sectores		1857.4	0.5	10.7	0.01	4.2		1872.3
1.A.5	No especificado		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B	Emisiones fugitivas		13.8	203.5	4273.5	0.00	0.0		4287.3
1.B.1	Combustibles sólidos		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo y gas natural		13.8	203.5	4273.5	0.0	0.0		4287.3
1.B.3	Otras emisiones de producción de energía		NO	NO	NO	NA	NA	NO	NO

1.C	Transporte y almacenamiento de dióxido de carbono		NO	NO	NA	NA	NA	NO
1.C.1	Transporte de CO ₂		NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.2	Inyección y almacenamiento		NO	NO	NA	NA	NO	NO
1.C.3	Otros		NO	NO	NO	NO	NO	NO
2	Procesos Industriales y Uso de Productos	725.6	0.0	0.0	0.2	50.8	776.3	
2.A	Industria de los minerales	709.2	0.0	0.0	0.0	0.0	709.2	
2.A.1	Producción de cemento	672.0	NA	NA	NA	NA	672.0	
2.A.2	Producción de cal	37.2	NA	NA	NA	NA	37.2	
2.A.5	Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B	Industria química	NO, NA	NA	NA	0.2	50.8	50.8	
2.B.1	Producción de amoniaco	NO	NA	NA	NA	NA	NO, NA	
2.B.2	Producción de ácido nítrico	NA	NA	NA	0.2	50.8	50.8	
2.B.3	Producción de ácido adipíco	NA	NA	NO	NO	NO	NA, NO	
2.B.4	Producción de caprolactama, gioxal y ácido gioxílico	NA	NA	NO	NO	NO	NA, NO	
2.B.6	Producción de dióxido de titanio	NO	NA	NA	NA	NA	NO, NA	
2.B.7	Producción de ceniza de sosa (carbonato de sodio)	NO	NA	NA	NA	NA	NO, NA	
2.B.8	Producción petroquímica y de negro de humo	NO	NO	NO	NA	NA	NO, NA	
2.B.9	Producción fluoroquímica	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Tabla A 3 (continuación)

Nomen- clatura	Sector/Categoría/Subcategoría/ fuente de emisión	CO₂ eq kt	CO₂ kt	CH₄ kt	CO₂ eq kt	N₂O kt	CO₂ eq kt	Total CO₂ eq kt
2.B.10	Otros		NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C	Industria de los metales	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.4
2.C.1	Producción de hierro y acero y coque metalúrgico	16.4	NE	NE	NA	NA	NA	16.4
3	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	164.2	203.9	4282.8	18.3	5662.2	10109.4	
3.A	Ganadería	0.0	184.3	3870.5	3.0	943.0	4813.8	
3.A.1	Fermentación entérica	0.0	174.5	3664.7	0.0	0.0	0.0	3664.9
3.A.2	Manejo de estiércol	0.0	9.8	205.8	3.0	943.0	1148.9	
3.B	Tierras	-27147.2	139.5	0.0	0.0	0.0	0.0	139.5
3.B.1	Tierras forestales	-27147.20	139.5	0.0	0.0	NA	NA	NE
3.B.1.a	Tierras forestales que permane- cen como tal	-27147.20	NA	NA	NA	NA	NA	NE
3.B.1.a.iv	Leña	NA	139.5	NA	NA	NA	NA	139.5
3.C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra	24.7	19.6	412.2	15.2	4719.2	5156.1	
3.C.2	Encalado		4.3	NA	NA	NA	NA	4.3
3.C.3	Aplicación de urea		20.4	NA	NA	NA	NA	20.4
3.C.4	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	NA	NA	NA	9.1	2814.8	2814.8	

3.C.5	Emissions indirectas de N ₂ O de suelos gestionados		NA	NA	NA	2.3	698.3	698.3
3.C.6	Emissions indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol	NA	NA	3.9	1206.0			1206.0
3.C.7	Cultivo del arroz	NA	19.6	412.2	IE	IE		412.2
3.D	Otros	NO	NO	NO	NO	NO		NO
3.D.2	Otros	NO	NO	NO	NO	NO		NO
4	Desechos	NA	176.0	3695.6	0.7	220.4		3916.0
4.A	Disposición de desechos sólidos	NA	116.4	2444.4	0.0	0.0		2444.4
4.A.3	Sitios no categorizados de disposición de desechos	NA	116.4	2444.4	NE	NE		2444.4
4.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	NA	59.6	1251.2	0.7	220.4		1471.5
4.D.1	Tratamiento y descargas de aguas residuales domésticas	NA	47.4	995.4	0.7	220.4		1215.8
4.D.2	Tratamiento y descargas de aguas residuales industriales	NA	12.2	255.8	NA	NA		255.8
4.E	Otros							
		CO ₂	CH ₄	CO ₂ equiv	N ₂ O	CO ₂ equiv	Total CO ₂ equiv	
Anexos	Partidas Informativas	1384.9	0.002	0.04	0.01	2.2		1387.1
Anexo 1.	Bunkers	245.0	0.002	0.04	0.01	2.2		247.2

Tabla A 3 (continuación)

Nomen- clatura	Sector/Categoría/Subcategoría/ fuente de emisión	CO₂ eq kt	CO₂ kt	CH₄ kt	CO₂ eq kt	N₂O kt	CO₂ eq kt	Total CO₂ eq kt
Anexo 1.a.	Aviación internacional		245.0	0.002	0.04	0.01	2.2	247.2
Anexo 1.b.	Navegación internacional		NE	NE	NE	NE	NE	NE
Anexo 2.	Operaciones multilaterales		NE	NE	NE	NE	NE	NE
Anexo 3.	Emissions de CO ₂ por quema de biomasa	1139.9	NA	NA	NA	NA	NA	1139.9

Tabla A 4 Categorías claves en el año 2016, según evaluación de nivel por el método 1

Código IPCC	Categorías del IPCC	GEI	Emisiones año 2016 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel (%)	Total acumulativo
3.B.1.a	Tierras forestales que permanecen como tal	CO ₂	- 27 147.20	35.09	35.09
1.A.1.a.i	Generación de electricidad	CO ₂	15 352.50	19.85	54.94
1.A.1.b	Refinación de petróleo	CO ₂	5966.49	7.71	62.65
1.B.2.a	Petróleo	CH ₄	3938.72	5.09	67.74
3.C.4	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O	2814.81	3.64	71.38
1.A.2.m	No especificada	CO ₂	2614.94	3.38	74.76
3.A.1.a.ii	Fermentación entérica. “Otros vacunos”	CH ₄	2493.75	3.22	77.98
4.A.3	Sitios no categorizados de disposición de desechos	CH ₄	2444.40	3.16	81.14
1.A.2.i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	CO ₂	1798.37	2.32	83.47
1.A.3.b	Transporte terrestre	CO ₂	1371.75	1.77	85.24
4.D.1	Tratamiento y descargas de aguas residuales domésticas	CH ₄	1215.78	1.57	86.81
3.C.6	Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol	N ₂ O	1205.90	1.56	88.37
1.A.4.a	Otros sectores “Comercial / Institucional”	CO ₂	914.75	1.18	89.55
1.A.4.b	Otros sectores “Residencial”	CO ₂	751.82	0.97	90.53
1.A.2.k	Otros sectores “Construcción”	CO ₂	705.84	0.91	91.44
3.C.5	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O	698.33	0.90	92.34

Tabla A 4 (continuación)

Código IPCC	Categorías del IPCC	GEI	Emisiones año 2016 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel (%)	Total acumulativo
2.A.1	Producción de cemento	CO ₂	672.00	0.87	93.21
1.A.2.e	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco (Industria azucarera)	CO ₂	633.69	0.82	94.03
3.A.2.a.ii	Gestión del estiércol. “Otros vacunos”	CH ₄	454.85	0.59	94.62
3.A.1.a.i	Fermentación entérica. “Vacas lecheras”	CH ₄	444.36	0.57	95.19

Cuadro A 1 Principales cambios entre el INGEI de la Segunda y la Tercera Comunicación Nacional

Segunda Comunicación Nacional Serie 1990-2002 (años pares)	Tercera Comunicación Nacional Serie 1990-2016
Aspectos transversales	
Elaborado fundamentalmente a partir de las Directrices del IPCC 1996 y en menor medida de las publicaciones de la EMEP CORINAIR	Elaborado casi en su totalidad a partir de las Directrices del IPCC 2006
Estimaciones calculadas para 5 sectores (Energía, Procesos Industriales, Solventes, Agricultura y Silvicultura y Desechos)	Estimaciones calculadas para para 4 sectores (Energía, IPPU, AFOLU y Desechos)
Categorías y subcategorías de fuente estimadas de manera agregada	Mayor nivel de desagregación en las categorías, subcategorías y componentes
Formato de reporte simplificado y distinto en cada sector	Formato de reporte y nomenclatura común para todos los sectores teniendo en cuenta los aspectos generales contenidos en las Directrices del IPCC 2006
Factores de emisión por defecto según las Guías Revisadas del IPCC de 1996	Factores de emisión más actualizados según las Directrices del IPCC 2006 y factores de emisión propios de país
Breve descripción metodológica	Inclusión de aspectos metodológicos detallados por sectores, categorías, subcategorías y componentes
Estimaciones solo para años pares de la serie 1990-2002	Estimación anual de la serie 1990-2016. Actualización años pares 1990-2002
No se realiza un análisis acerca de los recálculos	Se realiza el análisis acerca de los recálculos para los años pares de 1990-2002, la justificación de los mismos, las medidas implementadas y la influencia en los resultados generales
Sistema de garantía y control de la calidad deficiente y con falta de transparencia	Sistema de garantía y control de la calidad mejorado y con mayor nivel de transparencia, exhaustividad, coherencia y comparabilidad.
Datos de actividad insuficientes para varias categorías y subcategorías de fuente	Datos de actividad más desagregados, con mayor exhaustividad y confiabilidad
Software del IPCC 1996 y hojas de cálculo	Software del IPCC 2006 y hojas de cálculo más detalladas y actualizadas
Arreglos Institucionales generales	Arreglos institucionales más consistentes partir de la creación de equipos técnicos sectoriales

Cuadro A 1 (continuación)

Segunda Comunicación Nacional Serie 1990-2002 (años pares)	Tercera Comunicación Nacional Serie 1990-2016
Energía	
Categorías y subcategorías de fuente estimadas de manera agregada en Industrias de la Energía	Categorías y subcategorías de fuente estimadas de manera desagregada (En la subcategoría Industrias de la energía se desagregaron las emisiones de generación eléctrica y refinación de petróleo)
Datos de consumo de varios combustibles agregados, que generan incongruencias en las emisiones	Datos corregidos para el consumo de petróleo crudo, fuel oil, diésel y gas natural en la producción de energía
Categorías y subcategorías de fuente estimadas de manera agregada en industrias manufacturera y de la construcción	Se desagregaron las emisiones para 4 de las 13 componentes de la subcategoría
Desagregación incompleta del consumo de combustibles en el transporte	Mejor desagregación en el consumo de combustibles para el transporte gracias al acceso al Balance Energético Nacional
No estimación de las emisiones en otros tipos de transporte	Estimación de las emisiones en la subcategoría Transporte todo terreno en agricultura móvil
Desagregación incompleta del consumo de combustible en la categoría Emisiones fugitivas (petróleo y gas natural)	Desagregación más detallada de los consumos de combustibles en la categoría Emisiones fugitivas que permitió determinar que se subestimaban las emisiones en esta categoría
Estimación incompleta en los sectores Residencial, Comercial/Institucional y Agricultura/Silvicultura y Pesca	Estimación más detallada de las emisiones de 1.A.4. Otros sectores
Deficiente proceso de revisión por parte de expertos externos	Estudios comparativos con resultados de otras instituciones en el sector de la generación eléctrica (Ej.: Cubaenergía)
IPPU	
No estimación de las emisiones en muchas categorías y subcategorías por la no disponibilidad de datos de actividad	Aumento de la exhaustividad al declararse la No Ocurrencia de emisiones en algunas subcategorías especialmente en la industria química y el completamiento de series de datos de actividad sobre la producción anual de algunas sustancias
Datos de actividad de producción de clínker solamente para años pares y factores de emisión por defecto	Se completa la serie de datos de actividad de la producción de clínker para todos los años de la serie. Se obtiene el dato paramétrico anual de proporción de óxido de calcio en el clínker, lo que posibilita obtener un factor de emisión anual propio de país

Segunda Comunicación Nacional Serie 1990-2002 (años pares)	Tercera Comunicación Nacional Serie 1990-2016
Datos de producción de cal solamente para años pares y factores de emisión por defecto. Estimación de las emisiones por un Nivel 1	Se certifica que la cal viva es el único tipo de cal producida en el país, lo que posibilita la aplicación de un método de Nivel 2 usando el mismo factor de emisión. Ligero aumento de las emisiones al introducir la corrección por el polvo de horno de cal (LKD)
Datos de producción de ácido nítrico solamente para años pares y factores de emisión por defecto. Estimación de las emisiones por un Nivel 1	Se completa la serie de datos de actividad de la producción de ácido nítrico para todos los años de la serie Se aplica un Método Nivel 2 al conocerse el tipo de planta
Se estiman las emisiones por la producción de acero de manera agregada y se desconoce el tipo de tecnología	Se estiman las emisiones en función de los tipos de tecnologías de producción del acero en el país, por tanto, cambia el factor de emisión del promedio global al horno de arco eléctrico (EAF) y los hornos de solera (OHF), según corresponda para cada acería
AFOLU	
Estimación de las emisiones, de manera general, con insuficientes datos de actividad, falta de transparencia en parámetros y factores de emisión por defecto	Aumento de la calidad en la estimación de emisiones a partir del uso de datos de actividad más refinados y una mayor transparencia en los parámetros y factores de emisión
Estimación de las emisiones de CH ₄ por fermentación entérica y CH ₄ y N ₂ O por gestión del estiércol con factores de emisión por defecto	Estimación de las emisiones de CH ₄ por fermentación entérica y gestión del estiércol con factores de emisión propios de país a partir del consejo de expertos
Las fuentes de emisión en la actual categoría 3.C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra se estimaron con insuficientes datos de actividad y falta de transparencia en los parámetros y factores de emisión	En la categoría 3.C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra se estimaron las emisiones con datos de actividad y paramétricos más refinados por defecto de las Directrices del IPCC 2006 y otros por criterio de expertos relacionados con la ganadería
Cálculo no exhaustivo de las emisiones de CH ₄ provenientes del cultivo de arroz	Estimación más detallada de las emisiones anuales de CH ₄ en el cultivo del arroz con factores de emisión según las Directrices del IPCC 2006 y valores paramétricos ajustados a las características del cultivo en el país aportados por criterio de expertos
No se consideraban las subcategoría Aplicación de urea y cal	Se incluyen las emisiones de las subcategorías Aplicación de Urea y de Cal en los suelos

Cuadro A 1 (continuación)

Segunda Comunicación Nacional Serie 1990-2002 (años pares)	Tercera Comunicación Nacional Serie 1990-2016
Desechos	
Emisiones en la categoría Aguas residuales industriales agregadas	Emisiones en la categoría Aguas residuales industriales de manera desagregadas por tipo de industria
Estimación de la generación de aguas residuales industriales por tipo de industria según las IPCC de 1996	Inclusión de valores de generación de aguas residuales industriales por tipo de industria según las Directrices del IPCC 2006

Anexo B. Experiencia cubana en la creación de capacidades para la reducción del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático

El Centro de Creación de Capacidades para la Reducción del Riesgo de Desastres y la Adaptación al Cambio Climático (CRDAC), surge en el año 2013, en el contexto de un proyecto de colaboración entre Cuba y Noruega. Este centro enfoca su trabajo al objetivo de fortalecer capacidades para la realización e implementación de los estudios de riesgos de desastres, la prevención y reducción de vulnerabilidades y propiciar la adopción de medidas de adaptación al cambio climático; a partir de la capacitación en todos los territorios país, así como en países del Caribe.

La exitosa experiencia cubana la gestión para la reducción del riesgo de desastres, motiva el interés de países de América Latina y el Caribe. Por lo que también este Centro ha realizado múltiples acciones de intercambio y cooperación, contando con el auspicio de las agencias del Sistema de Naciones Unidas, organismos gubernamentales internacionales y organizaciones no gubernamentales. El CRDAC constituye un espacio de vital importancia para fortalecer las capacidades a nivel local en la gestión de riesgos de desastres y la adaptación al cambio climático, teniendo en cuenta las características y peculiaridades de Cuba y de la región del Caribe.

Para dar una mejor respuesta a los propósitos del Centro, en Cuba existe una infraestructura docente, debidamente equipada, para el desarrollo de procesos de capacitación e investigación que contribuyen a brindar las herramientas necesarias para trabajar en función de la reducción del riesgo de desastres a escala nacional, territorial y local.

La concepción de las actividades previstas en el CRDAC se fundamenta en:

- Una visión integradora de la reducción del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático.
- La construcción social del riesgo y el carácter social de los desastres.
- El papel del conocimiento científico y su vinculación con los saberes populares y ancestrales.
- La necesidad de formar capacidades nacionales y locales

- El programa de estudio que se imparte se fundamenta en los temas que a continuación se relacionan:
- Variabilidad climática y cambio climático.
- Herramientas para la determinación de peligros, vulnerabilidades y estimación del riesgo de desastres.
- Gestión para la reducción del riesgo de desastres.
- Implementación de los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (PVR) en el ciclo de reducción del riesgo de desastres y los planes de reducción del riesgo de desastres.
- El desarrollo local y la gestión para la reducción del riesgo de desastres.
- Vinculación de los estudios de PVR con el ordenamiento territorial.
- Visión integradora de la reducción del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático.
- Los sistemas de alerta temprana en la reducción del riesgo de desastre.
- Sistemas de Información Geográfica y bases de datos para la gestión del riesgo de desastres.
- Vulnerabilidad social. Componentes socioculturales de la gestión del riesgo de desastres.
- Educación, comunicación y sensibilización pública para la reducción del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático.
- El Sistema Nacional de Defensa Civil. Experiencia cubana en la gestión para la reducción del riesgo de desastres.
- Evaluación de impacto y daños ambientales de situaciones de desastres.
- Soluciones naturales para enfrentar el cambio climático.

Los cursos realizados por este centro:

- Contribuyeron a que la gestión del riesgo de desastres se enfoque con una visión integradora, que incluya la adaptación al cambio climático.
- Demostraron que existe un alto nivel de compromiso y preparación por parte del personal docente, así como una adecuada concepción de los contenidos teóricos y los ejercicios prácticos.
- Propiciaron el intercambio de experiencias entre los participantes y una nueva visión sobre los estudios de PVR.
- Ofrecieron herramientas valiosas que permitieron mejorar evaluación de los riesgos a nivel local, desarrollar acciones preventivas y propiciar el incremento de la percepción de riesgos, a partir de procesos de sensibilización y comunicación.

Entre los principales impactos de esta experiencia cubana resaltan los siguientes: una metodología para la realización de los estudios de PVR, adaptada a las características y condiciones de los países del Caribe; la preparación del personal técnico con una nueva forma de hacer, resultando de gran utilidad para los tomadores de decisiones y planificadores a nivel local; se mejoraron los sistemas de alerta temprana, transitando de una gestión de riesgo reactiva a una proactiva y, finalmente, se dotó a las comunidades con un personal preparado para implementar los resultados de los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo y la toma de medidas para la adaptación al cambio climático.

Desde la creación del centro se han realizado 105 acciones de capacitación, con la participación de 2679 personas (213 extranjeros y 2466 cubanos). En el cuadro B 1 se muestra la distribución de los especialistas cubanos capacitados por sectores y en el cuadro B 2 los 213 extranjeros capacitados por países.

Cuadro B 1 Especialistas cubanos capacitados por sectores

Sectores	Participantes
Comunidades	663
Citma	448
Educación	442
Centros de Gestión para la Reducción del Riesgo de Desastres	123
Defensa Civil	86
Agricultura	79
Gobiernos locales	72
Medios de Comunicación	47
Salud Pública	30
Recursos hidráulicos	22
Planificación Física	20
Sociedad Civil	17
Turismo	16
Cultura	15
Otros	386
TOTAL	2466

Cuadro B 2 Especialistas extranjeros capacitados por países

Países	Participantes
Caribe insular	92
Haití	20
República Dominicana	16
Santa Lucía	10
Jamaica	8
San Kits y Nevis	6
Granada	5
San Vicente y las Granadinas	5
Barbados	5
Trinidad y Tobago	5
Antigua y Barbuda	4
Bahamas	3
Dominica	3
Puerto Rico	2
América del Norte y Central	9
México	2
Nicaragua	2
El Salvador	2
Belice	2
Honduras	1
América del Sur	112
Colombia	101
Guyana	7
Surinam	4
TOTAL	213

Anexo 1. Relación de figuras

- Figura 1.1 Ubicación geográfica del archipiélago cubano • 74
Figura 1.2 Mapa hipsométrico de Cuba • 76
Figura 1.3 Variación estacional de la temperatura y la precipitación • 77
Figura 1.4 Precipitación media anual de Cuba • 78
Figura 1.5 Clasificación de los suelos en Cuba y áreas que ocupan • 79
Figura 1.6 Principales cuencas hidrográficas de Cuba • 80
Figura 1.7 Sistema Nacional de Áreas Protegidas, por categorías de manejo • 81
Figura 1.8 Área cubierta de bosques (Mha) y porcentaje de cobertura • 82
Figura 1.9 Incremento anual de captación de carbono (kt C/año) • 82
Figura 1.10 Envejecimiento de la población en Cuba y sus proyecciones • 83
Figura 1.11 Pirámides de edades • 84
Figura 1.12 Tasas provinciales de saldo migratorio 2014-2018 • 85
Figura 1.13 Dinámica del proceso de concentración de la población • 86
Figura 1.14 Urbanización en Cuba y sus proyecciones • 86
Figura 1.15 Unidades de salud según tipo en el SNS en Cuba en 2018 • 88
Figura 1.16 Matrícula inicial por enseñanzas en Cuba • 89
Figura 1.17 Peligro integrado por sequía meteorológica y agrícola • 97
Figura 1.18 Tasa de crecimiento del PIB a precio constante • 103
Figura 1.19 Principales consumidores de electricidad por sectores • 107
Figura 1.20 Dinámica de las fuentes de generación eléctrica 2012-2018 • 108
Figura 1.21 Distribución del recurso agua por sectores • 114
Figura 1.22 Dinámica de visitantes internacionales a Cuba • 115
Figura 1.23. Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático • 125
Figura 1.24 Rasgos distintivos de la Tarea Vida • 126
Figura 2.1 Arreglos institucionales para la elaboración del INGEI en Cuba • 135
Figura 2.2 Emisiones de GEI por sectores • 143
Figura 2.3 Balance de emisiones y absorciones GEI por sectores • 144
Figura 2.4 Porcentajes emisiones de GEI por sectores • 144
Figura 2.5 Porcentaje emisiones de GEI por tipo de gas • 145
Figura 2.6 Emisiones GEI por tipo de gases • 146
Figura 2.7 Emisiones GEI por tipo de gases • 146

- Figura 2.8 Emisiones y absorciones CO₂ por sectores ◆ 147
Figura 2.9 Emisiones CH₄ por sectores ◆ 148
Figura 2.10 Emisiones N₂O por sectores ◆ 149
Figura 2.11 Sector Energía. Emisiones GEI por categoría ◆ 151
Figura 2.12 Sector Energía. Emisiones GEI por subcategoría ◆ 154
Figura 2.13 Sector Energía. Emisiones por tipo de GEI ◆ 155
Figura 2.14 Sector IPPU. Emisiones GEI por categoría ◆ 157
Figura 2.15 Sector IPPU. Emisiones GEI por subcategoría ◆ 159
Figura 2.16 IPPU. Emisiones por tipo de GEI ◆ 160
Figura 2.17 Sector AFOLU. Emisiones/absorciones por categoría ◆ 161
Figura 2.18 Sector AFOLU. Emisiones/absorciones por subcategoría ◆ 163
Figura 2.19 Sector AFOLU. Emisiones/absorciones por tipo de GEI ◆ 165
Figura 2.20 Sector Desechos. Emisiones GEI por categoría ◆ 166
Figura 2.21 Sector Desechos. Emisiones GEI por subcategoría ◆ 168
Figura 2.22 Sector Desechos. Emisiones por tipo de GEI ◆ 169
Figura 2.23 Categorías claves según la evaluación de nivel por el Método 1 ◆ 174
Figura 2.24 Comparación de las emisiones de GEI entre INGEI ◆ 175
Figura 2.25 Comparación balances de emisiones de GEI entre INGEI ◆ 176
Figura 3.1 Temperatura media anual en Cuba ◆ 194
Figura 3.2 Variación multianual. Anomalías estandarizadas de precipitación ◆ 195
Figura 3.3 Tendencias de las noches cálidas y frías ◆ 197
Figura 3.4 Tendencias de los días cálidos y fríos ◆ 198
Figura 3.5 Tendencias de los períodos cálidos y fríos ◆ 199
Figura 3.6 Anomalías nubosidad media en Cuba ◆ 200
Figura 3.7 a Período poco lluvioso ◆ 200
Figura 3.7 b Período poco lluvioso ◆ 201
Figura 3.8 Número anual de huracanes que han afectado a Cuba ◆ 202
Figura 3.9 Número anual de huracanes intensos que han afectado a Cuba ◆ 202
Figura 3.10 Cambios futuros de temperatura (°C) y precipitación (%) ◆ 207
Figura 3.11 Variabilidad interanual del nivel medio relativo del mar ◆ 213
Figura 3.12 Proyecciones de la dispersión de partículas ◆ 214
Figura 3.13 Rejilla modelo HadGEM-ES y localización de empresas frutícolas ◆ 230
Figura 3.14 Proyecciones al 2030 de temperatura en empresas frutícolas ◆ 231
Figura 3.15 Proyección al 2030 de la precipitación en empresas frutícolas ◆ 232
Figura 3.16 Probabilidad nicho climático de *Pinus Caribaea* en isla de Cuba ◆ 242
Figura 3.17 Probabilidad nicho climático para *Pinus tropicalis* en isla de Cuba ◆ 243

- Figura 3.18 Distribución de riqueza potencial de especies : presente y 2050 ◆ 255
Figura 3.19 Índice de Diferencia Normalizada para Vegetación ◆ 255
Figura 3.20 Relación vectores de germinación y número de especies ◆ 257
Figura 3.21 Nivel de blanqueamiento de corales en Cuba ◆ 260
Figura 3.22 Patrón estacional de defunciones por IMA ◆ 270
Figura 3.23 Patrón estacional defunciones mensuales por AVE ◆ 271
Figura 4.1 Esquema del Marco de transparencia reforzado (MTR) en Cuba ◆ 288
Figura 5.1 Red de estaciones meteorológicas de superficie del Insmet ◆ 316
Figura 5.2 Red de radares meteorológicos del Insmet ◆ 317
Figura 5.3 Red Mareográfica Nacional ◆ 318
Figura 5.4 Colaboración Sur-Sur: Países que han recibido directamente el
aporte de expertos cubanos.” ◆ 344

Anexo 2. Relación de tablas y cuadros

Cuadro 1.1 Superficie de la República de Cuba ◆ 75

Cuadro 1.2 Comportamiento de indicadores económico-sociales ◆ 103

Cuadro 1.3 Agroproductividad de los suelos ◆ 110

Cuadro 1.4 Vehículos tractivos en explotación ◆ 118

Tabla 1.1 Migraciones internas municipales ◆ 85

Tabla 1.2 Distribución de tipo de poblaciones municipales ◆ 87

Tabla 1.3 Dinámica del Sistema Nacional de Educación ◆ 90

Tabla 1.4 Precipitaciones mayores de 100 mm por provincias y país ◆ 94

Tabla 1.5 Porcentajes de área inundada según la categoría de los huracanes ◆ 95

Tabla 1.6 Indicadores del uso de la tierra en Cuba 2013-2017 ◆ 109

Tabla 1.7 Gastos de inversión para protección al medio ◆ 116

Tabla 1.8 Principales indicadores socioeconómicos ◆ 130

Cuadro 2.1 Potenciales de calentamiento global directos de los GEI ◆ 137

Tabla 2.1 Inventarios Nacionales de GEI presentados a la CMNUCC ◆ 133

Tabla 2.2 Principales fuentes de información del INGEI. Serie 1990-2016 ◆ 139

Tabla 2.3 Métodos y ecuaciones para la determinación de categorías clave ◆ 141

Tabla 2.4 Emisiones brutas de GEI por sectores ◆ 143

Tabla 2.5 Emisiones netas de GEI por sectores ◆ 143

Tabla 2.6 Emisiones y absorciones de por tipo de GEI ◆ 145

Tabla 2.7. Emisiones y absorciones de CO₂ por sector (incluyendo FOLU) ◆ 147

Tabla 2.8 Emisiones de CH₄ por sectores ◆ 148

Tabla 2.9 Emisiones de N₂O por sectores ◆ 149

Tabla 2.10 Sector Energía. Emisiones por categoría de GEI ◆ 151

Tabla 2.11 Sector Energía. Emisiones de GEI por subcategoría ◆ 153

Tabla 2.12 Sector Energía. Emisiones por tipo de GEI ◆ 154

Tabla 2.13 Actividades de quema de combustible ◆ 155

Tabla 2.14 Sector IPPU. Emisiones por categoría de GEI ◆ 157

Tabla 2.15 Sector IPPU. Emisiones de GEI por subcategoría ◆ 159

Tabla 2.16. Sector IPPU. Emisiones por tipo de GEI ◆ 160

Tabla 2.17 Sector AFOLU. Emisiones y absorciones por categoría de GEI ◆ 161
Tabla 2.18 Sector AFOLU. Emisiones/absorciones de GEI por subcategoría ◆ 164
Tabla 2.19 Sector AFOLU. Emisiones/ absorciones por tipo de GEI ◆ 165
Tabla 2.20 Sector Desechos. Emisiones de GEI por categoría ◆ 166
Tabla 2.21 Sector Desechos. Emisiones de GEI por subcategoría ◆ 168
Tabla 2.22 Sector Desechos. Emisiones por tipo de GEI ◆ 168
Tabla 2.23 Nivel y tendencia de categorías claves del INGEI de Cuba ◆ 171
Cuadro 3.1 Anomalías mensuales máximas en ocho estaciones mareográficas ◆ 213
Cuadro 3.2 Zonas costeras. Principales impactos del cambio climático ◆ 216
Cuadro 3.3 Macizo de Guamuhaya. Posible pérdida de 12 especies endémicas ◆ 243
Cuadro 3.4 Sierra Maestra. Posible pérdida de 6 especies endémicas ◆ 244
Cuadro 3.5 Macizo Nipe-Sagua-Baracoa. Posible pérdida de 8 especies ◆ 244
Cuadro 3.6 Nombre de las especies de árboles pioneros cubanos en figura 3.20 ◆ 257
Cuadro 3.7 Nombre de las especies de árboles no pioneros cubanos en figura 3.20 ◆ 258
Cuadro 3.8 Impactos proyectados para los virus y bacterias ◆ 272
Cuadro 3.9 Impactos proyectados para virus y bacterias a mediano y largo plazos ◆ 273
Tabla 3.1 Huracanes que han afectado a Cuba en las últimas dos décadas ◆ 202
Tabla 3.2 Cambios proyectados para el futuro respecto al 1961-1990 ◆ 205
Tabla 3.3 Aumento promedio del nivel medio del mar ◆ 208
Tabla 3.4 Costa norte. Aumento del nivel medio del mar ◆ 208
Tabla 3.5 Costa sur. Aumento del nivel medio del mar ◆ 209
Tabla 3.6 Isla de la Juventud. Aumento del nivel medio del mar ◆ 210
Tabla 3.7 Estudios realizados en cuatro localidades citrícolas del país ◆ 224
Tabla 3.8 Clasificación del riesgo de muerte regresiva climática ◆ 243
Tabla 3.9 Estimado de población potencialmente afectada ◆ 247
Tabla 3.10 Nivel de afectación por cambio climático en población y viviendas ◆ 249
Tabla 3.11 Epidemias de dengue en Cuba ◆ 267
Tabla 3.12 Impactos en el comportamiento de virus y bacterias causantes de ◆ 269
Tabla 3.13 Impacto en territorios de preferente uso turístico (TPUT) ◆ 277

Tabla 4.1 Proyectos planificados bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) ♦ 300

Tabla 4.2 Proyectos internacionales que tributan a la mitigación ♦ 300

Tabla A 1 Metodología y fuentes de información ♦ 365

Tabla A 2 Subcategorías no estimadas (NE) en el INGEI. Serie 1990-2016 ♦ 368

Tabla A 3 Emisiones/absorciones totales de GEI por categoría y subcategoría ♦ 370

Tabla A 4 Categorías claves en el año 2016 ♦ 375

Cuadro A 1 Principales cambios entre el INGEI ♦ 377

Cuadro B 1 Especialistas cubanos capacitados por sectores ♦ 383

Cuadro B 2 Especialistas extranjeros capacitados por países ♦ 384

Anexo 3. Autores

Coordinación general: Eduardo Planos Gutiérrez (Insmet)

CAPÍTULO 1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

Autores coordinadores principales: Antonio Vladimir Guevara Velazco (Insmet), Idelmis T. González García (Insmet), Dunia Hernández González (Insmet), Elizabeth Cabalé Miranda (Flacso), Gabriel Rodríguez Pérez de Ágreda (Flacso), Ana Delia Boquet Roque (IPF).

Autores contribuyentes: Orlando Rey Santos (Citma), Orestes Valdés Valdés (Mined), Carlos Manuel Rodríguez Otero (IPF), Marlen Gutiérrez Gutiérrez (Insmet), Sonia Orúe Valdés (AMA), Tania Merino Gómez (MES), María H. García Rodríguez (MEP), Dariel Ramírez Rosas (Citma), Cristóbal Díaz Morejón (Citma), Rudy Montero Mata (AMA), Lídice Castro Serrano (AMA), Yolaisis Barrero Reynaldo (AzCuba), José Manuel Brito de la Torre (Cedel), Fabio Fajardo Moros (PNUD), Guillermo Legañoa Martínez (ONEI), María Eugenia García Sampedro (ONEI), Carlos Gallardo Toirac (CNAP), Augusto Martínez Zorrilla (CNAP), José Augusto Valdés Pérez (CNAP), Aimé Gutiérrez Marrero (UNE), Minerva Fernández Martínez (Mitrans), Mayté Mazorra González (Minem), Eneida Rodríguez Chapman (Minem), Harilyn Tamayo Cobas (Gesime), Margarita Martínez Despaigne (Mindus), Victoria Serrano Pérez (Acinox), Maité Echarri Chavéz (Facultad Turismo), Yamilet Lamothe Crespo (Minag), Paulo L. Ortiz Bultó (Insmet), Jesús Durán Rivero (Minsap), Félix Dickinson Meneses (MInsap), Juan Mario Junco del Pino (Micons), Alberto Castellanos Forte (Micons), Nilia A. Dalmendray Gómez (Minal), Carlos Sosa Pérez (Insmet), Nilo Hernández Orozco (Insmet), Reinaldo Casals Taylor (Insmet), Enrique Landa Burgos (Cubaenergía).

CAPÍTULO 2. INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO DE INVERNADERO

Autores coordinadores principales: Carlos Sosa Pérez (Insmet), Javier Bolufé Torres (Insmet).

Autores contribuyentes: Ileana López López (Cubaenergía), David Pérez Martín (Cubaenergía), Henry Ricardo Mora (Cubaenergía), Mayte Mazorra González (Minem), Martha Amarales Contreras (Cimab), Rafael Biart Hernández (Cimab), Xiomara Cardoso Alguezabal (Cimab), Gretel Sánchez Angarica (Cimab), José Somoza Cabrera† (UH), Yusimit Betancourt Alayón (UH), Milena de Armas Serrano (Insmet), Mirtha Reinoso Valladares (CIIQ) , Janet Canciano Fernández (CIIQ) , Jorge L. Alvarez Cabrera (Micons), Juan M. Junco del Pino (Micons), Harilyn I. Tamayo Cobas (Gesime), Victoria Serrano Pérez (Acinox), Guillermo Legañoa Martínez (ONEI), Delia Alvarez Infante (Empresa Química Revolución de Octubre), Ricardo Manso Jiménez (Insmet), Rosemary López Lee (Insmet), Chavelly Díaz Muñoz (Insmet), Yosdany González Jaime (Insmet), Alicia Mercadet Portillo (INAF), Arnaldo Álvarez Brito (INAF), Yolanis Rodriguez Gil (INAF), Nicasio Castellanos Pino (Instituto de Suelos), Maugly Cabañas Echevarría (IIG), Milagros Milera Rodríguez (Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey), Wendy M. Ramírez Suárez (Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey), Justiniano R. Stuart Montalvo (ICA), María F. Díaz Sánchez (ICA), Judith Lamotte Crespo (Minag), Luis M. Gómez Pérez (OSDE Agro-Forestal), Nicolás Sánchez Rodríguez (IIFT), Mayda Betancourt Grandal (IIFT), Cristóbal Díaz Morejón (Citma), Orlando Rey Santos (Citma).

CAPÍTULO 3. PROGRAMAS QUE COMPRENDEN MEDIDAS PARA FACILITAR LA ADECUADA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Autores coordinadores principales: Tomás Gutiérrez Pérez (Insmet), Milena Alpízar Tirzo (Insmet).

Autores contribuyentes: Ramón Pérez Suárez (Insmet), Cecilia Fonseca Rivera (Insmet), Abel Centella Artola (Insmet), Arnoldo Bezanilla Morlot (Insmet), Rafael Pérez Parrado (Insmet), Marcelino Hernández González (Icimar), Mayda Betancourt Grandal (IIFT), Alba M. Peralta Martín (IIFT), Guillermo Almenares Garlobo (IIFT), María Tamara Cruz Silbeto (IIP), Drennys Mogena Almeida (IIP), Arnaldo F. Alvarez Brito (INAF), Alicia Mercadet Portillo

(INAF), René López Castilla (INAF), Carlos M. Rodríguez Otero (IPF), Armando Muñiz González, Carlos González Valdés (IPF), Ana D. Boquet Roque (IPF), Lucía A. Favier González (IPF), Hermen Ferrás Álvarez (IES), Aida E. Hernández Zanuy (Icimar), Paulo Lázaro Ortiz Bultó (Insmet), Jesús Durán Rivero (Minsap), Maité Echarri Chávez (UH), Ramsés Vázquez Montenegro (Insmet), Michel Chong García (CIMAGT), Yamile Lamothe Crespo (Minag).

Colaboradores: Virgen Cutié Cancino (Insmet), Idelmis González García (Insmet), Sinaí Barcia Sardiñas (Insmet, CMP CFG), Dunia Hernández González (Insmet), Laura Gil Reyes (Insmet), Eudimio Martínez Chapman (Insmet), Nathalí Valderá Figueredo (Insmet), José Luis Juanes Martí (Icimar), Linnet Busutil López (Icimar), Yisset C. Rabeiro Rodríguez (Icimar), Yilian Montesino Carmona (Icimar), Miguel Aranguren González (IIFT), María E. García Álvarez (IIFT), Manuel Díaz Alberro (IIFT), Anaisy Triana Bringas (IIFT), Jorge R. Cueto Rodríguez (Grupo Empresarial Agrícola), Shairon González Duarte (IIP), José Luis de la Fuente Arzola (IIP), Yasser Miguel Díaz Capdesúñer (IIP), Carlos Manuel Abeledo García (IIP), Arístides García Dueñas (IIP), Yaneris Cabreras Otaño (IIP), Elizabeth Cruz Martínez (IIP), Ramiro Almanguel Gómez (IIP), Yasser Hamed Jassen Santiesteban (División Tecnológica Porcina), Regla María Ferrer Domingo (División Tecnológica Porcina), Roberto Sosa Cáceres (Cubaenergía), Alberto P. Pelegrín Torres (INAF), Andrés Hernández Riquene (INAF, VCL), Arlety Ajete Hernández (INAF), Arnoldo Bezanilla Morlot (Insmet), Carlos A. Miranda Sierra (Universidad PRI), Gretel Geada López (Universidad PRI), Josvel Hernández Pérez (INAF, VCL), Liliana Caballero Landín (INAF, VCL), Lorge Acosta Broche (INAF, CMG), Lourdes Gómez Pulido (INAF, MTZ), Lourdes Sordo Olivera (INAF), María del C. Berrios Smith (INAF, MTZ), Marina Rodríguez Guerra (INAF, CMG), Natividad Triguero Isasi (INAF), Orlidia Hechavarría Kindelán (INAF), Osiris Ortiz Álvarez† (INAF, MTZ), Pavel O. Rodríguez Vázquez (Universidad Agraria, Mayabeque), Rogelio Sotolongo (Universidad PRI), Sandra Herrera Soler (INAF), Yadisleidys Consuegra Taboada (INAF, CMG), Yailín Beltrán González (INAF, CMG), Yaumara Miñoso Bonilla (INAF, PRI), Yolanis Rodríguez Gil (INAF), Yosvani Fleitas Camacho (INAF PRI), Yunior Alvarez Góngora (INAF, GRM), Yusleidy Carmona Caballero (INAF), Larisa Castillo (Cujae), Dania González Curé (Cujae), Carlos Barceló Pérez (Inhem), Yamilé González Sánchez (Inhem), Nancy E. Ricardo Nápoles (IES), Eudalys Ortiz Guillarte (Icimar), Carlos Mancina González (IES), Ana Martell García (IES), Jorge A. Sánchez Rendón (IES), Yaira López Hurtado (IES), Alberto Álvarez

de Zayas (IES), Lázaro Rodríguez Ferrat (IES), Mayté Pernús Alvarez (IES), Zehnia Cuervo Reinoso (IES), Leda Menéndez Carreras† (IES), Claudia Vega Catalá (IES), Yazenia Linares Vega (Insmet), María Guadalupe Guzmán Tirado (IPK), Alina Rivero Valencia (Insmet), Susana Borroto Gutiérrez (IPK), Marcy Calderón (Minsap), Yunisleydi Rodríguez Díaz (Insmet), Pedro Roura Pérez (Insmet), Ismell Rodríguez (Insmet), Félix Dickinson Meneses (IPK), Susana Suárez Tamayo (INHEM), Ricardo Remond Noa (UH), Alejandro Delgado Castro (UH), Martha Omara Robert Beatón (UH).

CAPÍTULO 4. PROGRAMAS QUE COMPRENDEN MEDIDAS PARA MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Autores coordinadores principales: Enrique Landa Burgos (Cubaenergía) y Wenceslao Carreras Doral (Cubaenergía).

Autores contribuyentes: Ileana López (Cubaenergía), David Pérez (Cubaenergía), Belkis Soler (Cubaenergía), Arnaldo Álvarez Brito (INAF), Alicia Mercadet Portillo (INAF), Arlety Ajete Hernández (INAF), Yolanis Rodríguez Gil (INAF), Rafael Biart Hernández (Cimab), José Villarroel Castro, Gretel Sánchez Angarica (Cimab), Xiomara Cardoso Elguezabal (Cimab), Tamara Cruz Silbeto (IIP), Shairon González Duarte (IPP), José Somoza Cabrera† (UH), Yusimit Betancourt Alayón (UH).

Colaboradores: Orlando Rey Santos (Citma), Yamilé Lamothe Crespo (Minag), José Luis de la Fuente Arzola (IPP), Yasser M. Díaz Capdesuñer (IPP), Drennys Mogena Almeida (IIP), Wilfredo Mayola Ledesma (Mitrans), Yordelis Melo Reguiferos (Mitrans), Erdey Cañete Teja (ONURE), Yoel Trincado (ONURE), Leonardo Rego Mandar (AzCuba), Mirel Álvarez Espinosa (UNE), Mayte Mazorra González (Minem).

CAPÍTULO 5. OTRA INFORMACIÓN PERTINENTE PARA EL LOGRO DEL OBJETIVO DE LA CONVENCIÓN

Autores coordinadores principales: Luis R. Paz Castro (Insmet) y Dunia Hernández González, (Insmet).

Autores contribuyentes: Argelia Fernández Márquez (AMA), Juliette Díaz Abreu (AMA), Lídice Castro Serrano (AMA), Rudy Montero Mata (AMA), Herminia Serrano Méndez (AMA), Orlando Enrique Sánchez León (AMA),

Elsa Lidia Fonseca Arcalla (AMA), María Isabel Torna Falco (AMA), Roberto Reyes Pupo (Delegación Territorial del Citma Holguín), Migdalia Marí Mendoza (Delegación Territorial del Citma Camagüey), Orestes Valdés Valdés (Mined), Tania Merino Gómez (MES), Orlando Rey Santos (Citma), Cristóbal Díaz Morejón (Citma), Reino Orlay Cruz Díaz (Citma), Rafael Biart Hernández (Cimab), Mayte Mazorra González (Minem), Alfredo Zamora Mustelier (ICRT), Bárbara Garea Moreda (InsTEC), Marcelino Hernández González (Icimar), Pablo de Varona de Varona (Insmet), Cecilia Fonseca Rivera (Insmet), Virgen Cutié Cancino (Insmet), Ransés Vázquez Montenegro (Insmet), Miriam Teresita Llanes Monteagudo (Insmet), Abel Centella Artola (Insmet), Paulo Ortiz Bultó (Insmet), Idelmis T. González García (Insmet), Rosemary López Lee (Insmet), Fabio Fajardo Moros (Programa de Pequeñas Donaciones, PNUD).

CAPÍTULO 6. OBSTÁCULOS, CARENCIAS Y NECESIDADES CONEXAS DE FINANCIACIÓN, TECNOLOGÍA Y CAPACIDAD

Autores coordinadores principales: Luis Paz Castro (Insmet) y Orlando Rey Santos (Citma).

Autores contribuyentes: Carlos Sosa Pérez (Insmet), Javier Bolufé Torres (Insmet), Tomás Gutiérrez Pérez (Insmet), Vladimir Guevara Velasco (Insmet), Enrique Landa Burgos (Cubaenergía), Wenceslao Carreras Doral (Cubaenergía).

OTROS COLABORADORES

Pedro Roura Pérez (Insmet), Yunisleydi Rodríguez Díaz (Insmet), Nancy Fernández Mosquera (Insmet), Nidia Rodríguez Fuentes (Insmet), Marlen Gutiérrez Gutiérrez (Insmet); Ramona Alvarez Pérez (AMA); Elizabeth Céspedes (PNUD).

Anexo 4. Organismos que colaboraron en este informe

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

Agencia de Medio Ambiente, Instituto de Meteorología, Instituto de Ciencias del Mar, Instituto de Geografía Tropical, Instituto de Ecología y Sistemática, Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía, Centro de Investigaciones de la Economía Mundial, Acuario Nacional de Cuba, Dirección de Medio Ambiente, Cubaenergía, Centro de Gestión y Desarrollo de la Energía, Centro Nacional de Áreas Protegidas, Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía.

Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias

Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil.

Ministerio de la Agricultura

Dirección de Ciencia y Técnica, Instituto de Investigaciones e Ingeniería Agrícola, Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Instituto de Suelos, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Investigaciones de Granos, Instituto de Investigaciones del Tabaco, Instituto de Investigaciones Porcinas, Dirección Forestal, Flora y Fauna silvestre, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical, Dirección Forestal, Flora y Fauna silvestre, Dirección de Industria del OSDE Agro-Forestal.

Ministerio de Educación Superior

Dirección de Ciencia y Técnica, Dirección de Formación de Profesionales, Universidad de La Habana, Instituto de Ciencia Animal. Centro de Desarrollo Local y Comunitario, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey.

Ministerio de Salud Pública

Instituto de Medicina Tropical “Pedro Kouri”, Unidad Nacional de Vigilancia y Lucha Antivectorial.

Ministerio de Educación

Dirección de Ciencia y Técnica.

Ministerio de Industria

Centro de Investigaciones de la Industria Química, Grupo Empresarial de la Industria Sideromecánica, Acinox Las Tunas, Empresa Química Revolución de Octubre

Ministerio de Economía y Planificación

Ministerio de Energía y Minas

Unión Nacional Eléctrica, Oficina Nacional para el Control del Uso Racional de la Energía.

Ministerio de Comercio Exterior y la Colaboración Extranjera

Ministerio de Turismo

Ministerio del Transporte

Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte.

Ministerio de la Industria Alimentaria

Oficina Nacional de Estadística e Información

Instituto de Planificación Física

Grupo Azucarero AzCuba

Programa de Pequeñas Donaciones PNUD

Anexo 5. Siglas, acrónimos y unidades de medida

Siglas	Significado
ACNU	Asociación Cubana de las Naciones Unidas
AMA	Agencia de Medio Ambiente (Citma)
ANC	Acuario Nacional de Cuba (Citma)
CCCCC	Centro de Cambio Climático de la Comunidad del Caribe
CND	Contribución Nacionalmente Determinada
CEDEL	Centro de Desarrollo Local y Comunitario
CIDA	Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional
CIEM	Centro de Investigaciones de la Economía Mundial
CIM	Centro de Investigaciones Marinas (UH)
CIMAB	Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas (Mitrans)
CIP	Centro de Investigaciones Pesqueras
CIPRO	Centro de Ingeniería de Procesos (Cujae)
Citma	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
Clamed	Centro Latinoamericano de Medicina de Desastres
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CNUDS	Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía
CoP	Conferencia de las Partes (CMNUCC)
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano
Cubaenergía	Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (Citma)
Cubasolar	Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental
Cujae	Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (MES)

Siglas	Significado
DHA	Desarrollo Humano Alto
DRI	Dirección de Relaciones Internacionales (Citma)
DSM	Desechos Sólidos Municipales
ECIT	Entidades de Ciencia e Innovación Tecnológica
EDA	Enfermedades diarreicas agudas
EFIM	Empresa Forestal Integral Mayabeque
EFIVC	Empresa Forestal Integral Villa Clara
EFIVG	Empresa Forestal Integral Victoria de Girón
ENFF	Empresa Nacional de Flora y Fauna
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, en inglés)
FRE	Fuentes Renovables de Energía
GE	Grupos electrógenos
GEAM	Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña (Minag)
GEI	Gases de efecto invernadero
HFCs	Hidrofluorocarbonos
IAgric	Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (Minag)
IBT	Informe Bienal de Transparencia
ICRT	Instituto Cubano de Radio y Televisión
Icimar	Instituto de ciencias del mar (Citma)
IES	Instituto de Ecología y Sistemática (Citma)
IIGranos	Instituto de Investigaciones de Granos
IIP	Instituto de Investigaciones Porcinas (Minag)
IIT	Instituto de Investigaciones del Tabaco (Minag)
INAF	Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, (Minag)
INCA	Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
INDC	Contribución Prevista y Nacionalmente Determinada
INRH	Instituto Nacional de Recursos Hídricos
Insmet	Instituto de Meteorología (Citma)
Instec	Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (MES)
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático
IPCC 1996	Guías Revisadas del IPCC para inventarios nacionales de GEI

IPCC 2006	Nuevas guías para los inventarios nacionales de GEI
IPCC-GPG 2000	Guías sobre Buenas Prácticas en los Inventarios de GEI
IPCC-GPG LU- LUCF 2003	Guías en Buenas Prácticas para Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura
IPF	Instituto de Planificación Física
IPK	Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí (Minsap)
IRA	Infecciones respiratorias agudas
IS	Instituto de Suelos
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MES	Ministerio de Educación Superior
Minag	Ministerio de la Agricultura
Mincex	Ministerio de Comercio Exterior y la Colaboración Extranjera
Mined	Ministerio de Educación
Minem	Ministerio de Energía y Minas
Mintur	Ministerio de Turismo
Minsap	Ministerio de Salud Pública
MNHN	Museo Nacional de Historia Natural (Citma)
NAI	Partes No Anexo I de la CMNUCC
NAMAs	Acciones de Mitigación Apropriadas al País
OACE	Organismo de la Administración Central del Estado
ONEI	Oficina Nacional de Estadística e Información
PAURA	Programa de Ahorro y Uso Racional del Agua (INRH)
PCHE	Pequeñas centrales hidroeléctricas
PCG	Potencial de calentamiento global
PCN	Primera Comunicación Nacional
PFCs	Perfluorocarbonos
PIB	Producto Interno Bruto
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PVR	Peligro, vulnerabilidad y riesgo
RACC	Red Agraria de Cambio Climático (coordinada por Minag)
REDCAL	Red de Calidad de las Aguas (INRH)
REDFA	Red Cubana de Formación Ambiental
REDJA	Red Juvenil Ambiental de Cuba

Siglas	Significado
REDMA	Red de Medio Ambiente (MES)
RIOCC	Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático
SAH	Sistema de Asentamientos Humanos
SCN	Segunda Comunicación Nacional
SDDS	Sitios de Disposición de Desechos Sólidos
Sometcuba	Sociedad Meteorológica de Cuba
U	Unidad
UH	Universidad de La Habana
UM	Unidad de medida
UMCC	Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos
UNE	Unión Nacional Eléctrica
USD	Dólar estadounidense

Unidades de medida

°C	grado Celsius
cm	centímetro
g	gramo
Gg	gigagramo = 10^9 gramos
GgCO ₂	gigagramo de dióxido de carbono
GgCO ₂ eq	gigagramo de dióxido de carbono equivalente
GJ	gigajoule
GWh	gigawatt hora
h	hora
ha	hectárea
hab	habitante
hm ³	hectómetro cubico
km	kilómetro
km ²	kilómetro cuadrado
km ³	kilómetro cúbico
Kt	kilotonelada
kt CO ₂	kilotonelada de dióxido de carbono
kt CO ₂ eq	kilotonelada de dióxido de carbono equivalente
kW	kilowatt

Unidades de medida

kWh	kilowatt hora
l	litro
m	metro
m^3	metro cúbico
mm	milímetro
Mha	miles de hectáreas
Mt	miles de toneladas
MMtep	millones de toneladas equivalente de petróleo
Mtep	miles de toneladas equivalente de petróleo
MW	megawatt (unidad de potencia)
MWh	megawatt hora (unidad de energía)
t	tonelada métrica = 10^6 gramos
tCO ₂	tonelada de dióxido de carbono
tCO ₂ eq	tonelada de dióxido de carbono equivalente
tep	tonelada equivalente de petróleo
tms	tonelada de materia seca
Tg	teragramo = 10^{12} gramos

