

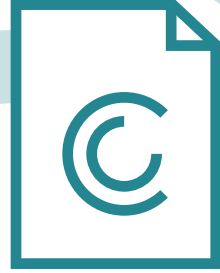


Sobre la adaptación al cambio climático



COLECCIÓN
ENTENDIENDO
EL CAMBIO CLIMÁTICO

Dr. Eduardo O. Planos Gutiérrez
INSTITUTO DE METEOROLOGÍA



Sobre la adaptación al cambio climático

Dr. Eduardo O. Planos Gutiérrez
INSTITUTO DE METEOROLOGÍA



COLECCIÓN
**ENTENDIENDO
EL CAMBIO CLIMÁTICO**

**Autor:**

Dr. Eduardo O. Planos Gutiérrez
eduardo.planos@insmet.cu

Diseño:

Carlos L. Mesa Vera
Alfredo Aguilera Torralbas

El contenido de este material solo refleja la opinion del autor

Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra, citándola de forma siguiente:
Planos, E, 2019: Sobre la adaptación al cambio climático. Serie Entendiendo el Cambio Climático. ISBN: 978-959-300-159-5. Editorial AMA.

Realizado con la contribución del Proyecto Tercera Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Proyecto GEF/PNUD.

Índice

Prólogo / 5

Contexto científico / 9

Fundamentos científicos para la Adaptación / 15

Variabilidad climática y cambio climático / 15

Variaciones y cambios en el sistema hidrológico terrestre / 18

Variaciones y cambios en mares adyacentes / 21

La conectividad en el espacio geográfico / 24

Interpretando el futuro climático / 26

La adaptación al cambio climático / 31

Requerimientos para la adaptación / 38

Las Medidas de adaptación en Cuba / 51

Medidas de fortalecimiento de sistemas / 51

Medidas para la protección de los sistemas costeros / 52

Medidas para la protección y conservación de la diversidad biológica / 53

Medidas en el sector agropecuario / 54

Medidas de ordenamiento territorial / 54

Medidas aplicables en el sector energético / 55

Medidas en el sector turístico / 55

Referencias bibliográficas / 57



●●●● **Prólogo**

Prólogo

Esta demostrado científicamente que el cambio climático es la mayor de las amenazas medio ambientales que enfrenta la humanidad. Un reciente artículo publicado por la Revista *BioScience*¹, declara que se producirá una emergencia ambiental debida a este fenómeno. Ese artículo, avalado por la firma de más 11 mil científicos de 153 países, indica que el cambio climático “provocará un sufrimiento humano no revelado”, si no se producen cambios profundos y duraderos en las emisiones de gases de efecto de invernadero.

A pesar de 40 años de negociaciones mundiales, el cambio climático transcurre de manera más acelerada que lo previsto por la comunidad científica. También es un hecho que el propósito de los Acuerdos de París de evitar transgredir la frontera de los 2°C, parece ser una ilusión inalcanzable. Las alternativas para enfrentar la crisis continúan siendo la mitigación y la adaptación. Para países como Cuba, la adaptación es la senda de mayor prioridad, tal y como se propone el Programa del Estado Cubano para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida).

Cuba se ha mantenido en la vanguardia de los estudios sobre los impactos y las medidas de adaptación al cambio climático. Desde 1991 los resultados alcanzados han sido el sustento de las medidas de mitigación y adaptación que se implementan. Pero el camino aun es largo, pues se requieren mayores precisiones, nuevos métodos de análisis y un abordaje más integrador para responder a preguntas cada vez más complejas.

¹ William J Ripple, Christopher Wolf, Thomas M Newsome, Phoebe Barnard, William R Moomaw. **World Scientists' Warning of a Climate Emergency.** *BioScience*, 2019; DOI: 10.1093/biosci/biz088.

Para enfrentar de manera exitosa los impactos adversos del cambio climático, es imprescindible entender mejor este fenómeno. La adaptación al cambio climático es un proceso de visión estratégica al futuro, que debe iniciarse desde el presente y fundamentarse en modelar cómo funcionarían los ecosistemas naturales y humanos bajo la influencia de un nuevo estado climático. Entender mejor el fenómeno no es una acción exclusiva de los científicos; significa que todos los actores de la sociedad deben comprender de qué se trata y cómo se debe responder.

Esta serie es una iniciativa del proyecto GEF/PNUD *“Tercera Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático”*, en la cual han participado reconocidos investigadores y especialistas. Es una contribución al entendimiento de diferentes aspectos del cambio climático, que en su mayoría son muy complejos.

Dr. Eduardo O. Planos Gutiérrez
Director Proyecto 3CN+1BUR





●●●● **Contexto
científico**

Contexto científico

Cuba es abanderada de las ideas más revolucionarias del pensamiento científico en el mundo y el estudio y enfrentamiento al cambio climático es parte importante de esta avanzada mentalidad. Desde el comienzo de la década del noventa del pasado siglo, el gobierno cubano se interesó por investigar sobre el impacto del cambio climático en sectores fundamentales de la economía y la sociedad, particularmente, sobre el aumento del nivel medio del mar en el archipiélago. A partir de entonces se ha trabajado intensamente en el tema de cambio climático, acumulándose cantidades impresionantes de resultados científico técnicos, en los que se analizan los impactos de la variabilidad climática y el cambio climático en el país. Se ha propuesto además, un número significativo de medidas de adaptación y mitigación.

Muestra de lo anterior son las acciones y resultados que a continuación se relacionan, como hitos de este hacer y saber:

- **1992:** Evaluación preliminar de los impactos del cambio climático. Comisión Nacional sobre Cambio Climático. Coordinado por el Instituto de Meteorología (INSMET).
- **1992:** Impacto de la surgencia en el archipiélago cubano, considerando la surgencia. Coordinado por el Instituto de Meteorología.
- **1996-2012:** Programa Nacional de Ciencia y Técnica “*Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano*”. Coordinado por el Centro de Gestión de Proyectos Priorizados (GEPROP).
- **1997:** Primera evaluación de las variaciones y cambios del clima en Cuba. INSMET.
- **1999:** Primer estudio de impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. Coordinado por el INSMET. Premio anual de la Academia de Ciencias de Cuba (ACC) y Premio

Especial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

- **2001:** Primera comunicación nacional de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático. Coordinada por el INSMET. Proyecto PNUD/GEF.
- **2007-presente:** Inventario de emisiones y absorción de gases de efecto invernadero (GEI). Coordinado por el INSMET.
- **2007-presente:** Macroproyecto “*Impacto del ascenso del nivel del mar para los años 2050-2100*”. Coordinado por la Agencia de Medio Ambiente (AMA).
- **2011:** Libro “*El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático*”. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF). Premio anual ACC y Premio Especial del CITMA.
- **2012-presente:** Programa Nacional de Ciencia e Innovación: “*Cambio climático en Cuba: Impactos, mitigación y adaptación*”. Coordinado por la Agencia de Medio Ambiente (AMA).
- **2014:** Libro “*Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba*”. Coordinado por el INSMET. Premio anual ACC y Premio Especial del CITMA.
- **2015:** Segunda comunicación nacional de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Coordinada por el INSMET.

El universo científico en el país, sobre el cambio climático es muy rico y diverso. Un grupo de programas de ciencia y proyectos no asociados a programas han aportado un enorme patrimonio de conocimientos, la mayoría acompañados de propuestas concretas para la adaptación y la mitigación. Por sus objetivos, alcance y relevancia, se destacan:

- Programa de “*Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano*” (1996-2012)

- Macroproyecto “*Impacto del ascenso del nivel medio del mar para los años 2050-2100*” (2007-presente).

- Programa Nacional de Ciencia e Innovación: “*Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación*” (2013-presente).

También un grupo de proyectos internacionales financiados por fondos multilaterales como el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y el Fondo de Adaptación (FA), donantes bilaterales como la Unión Europea (EU) y la Agencia Suiza para la Cooperación Internacional (COSUDE) e implementados de conjunto por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Gobierno de Cuba, han logrado exitosas acciones específicas, de carácter local y ecosistémicas, que apoyan la estrategia nacional de enfrentamiento al cambio climático. Por ejemplo, los proyectos PNUD/GEF: Sabana Camagüey, Manglar Vivo, Conectando Paisajes, Especies Exóticas Invasoras y el Proyecto PNUD/PNUMA/FAO/GEF: OP15 y el Proyecto PNUD/UE/COSUDE: BASAL.

Gracias a este esfuerzo de años de trabajo, hoy se cuenta con una amplia gama de resultados claves para el enfrentamiento al cambio climático. Algunos ejemplos significativos de resultados existentes son los siguientes:

Variabilidad y cambios observados en el clima: se han realizado dos evaluaciones (INSMET, 1997; 2009), en las que se ha determinado con elevado rigor científico, cuáles son los cambios observados en el clima cubano y sus tendencias. Actualmente se trabaja en la tercera evaluación.

Escenarios climáticos futuros: se han desarrollado diversos escenarios climáticos, enfocados principalmente en los años 2030, 2050 y 2100 (Centella *et al.*, 2000; Planos *et al.*, 2013; Bezanilla *et al.*, 2016). Estos tienen un amplio uso en la evaluación de los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación en ecosistemas y sectores socioeconómicos estratégicos. En la actualidad están disponibles los escenarios del futuro climático en Cuba, basados en la información más

actual brindada por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en el 2014 y con una resolución de 25 km².

Impactos del cambio climático y medidas de adaptación: consistente en estudios detallados en recursos naturales, ecosistemas y sectores socioeconómicos priorizados, para lo que se utilizan los escenarios de cambio climático estimados. Las áreas evaluadas son: recursos climáticos, recursos hídricos, zonas costeras y marinas, diversidad biológica, bosques, asentamientos humanos y usos de la tierra, agricultura y salud humana (Gutiérrez *et al.*, 2000; Planos *et al.*, 2013).

Escenarios de potencial hídrico y de aridez: basado en la modelación del futuro climático, se han estimado escenarios a escala regional y de país. Con esto es posible determinar el impacto progresivo del cambio climático en los rendimientos agrícolas potenciales, de riego y de secano (Solano *et al.*, 2011).

Mapa isoyético 1961-2000 (INRH, 2000): con este mapa, además de actualizar las normas de precipitación que se utilizan como referencia en el sector de los recursos hídricos para las evaluaciones hidrológicas y de disponibilidad de agua, se demuestra la significativa reducción ocurrida en los totales de precipitación a escala local, regional y de país. Este mapa y su base de datos y metadatos, pueden utilizarse para estudios detallados del régimen hidrológico y la disponibilidad de agua.

Modelos biofísicos de cultivos: investigadores cubanos han desarrollado y aplicado modelos biofísicos para los cultivos de papa, arroz, tabaco y caña de azúcar; con los cuales se estima el impacto del cambio climático en la productividad y sostenibilidad de los cultivos (Planos *et al.*, 2013).

Proyección futura de índices agroclimáticos: se identificaron indicadores que caracterizan el comportamiento de índices climáticos de interés agrícola para investigar el impacto del cambio climático en el sector agrario (Solano *et al.*, 2011).

Evaluación de las amenazas actuales y potenciales en los principales humedales de Cuba: permitió conocer los cambios de estado que tienen lugar en estos ecosistemas, así como su repercusión en los servicios ambientales y las presiones actuales y futuras que generará el cambio climático en sinergia con otros cambios ambientales (Fernández, 2012).

Ajustes de normas netas de riego para cultivos agrícolas de Cuba: se actualizaron los parámetros de cultivos y las normas netas en tiempo real en los diferentes contextos de producción y zonas edafoclimáticas. Se ajustaron las normas netas a futuro de los cultivos tomate, ajo, cebolla, lechuga y maíz, con la finalidad de utilizarse en el manejo de agua disponible para el pronóstico de riego de los cultivos a corto, mediano y largo plazos (Duarte, 2016).

Impacto del cambio climático en la biota cubana (Mancina, 2017): con este trabajo se obtuvieron modelos predictivos de la distribución potencial de especies nativas y exóticas de la flora y la fauna de Cuba y se hizo la evaluación de la representatividad del área de distribución potencial de las especies analizadas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. También se estimó la sensibilidad de las especies respecto al impacto del cambio climático y la identificación de especies y áreas del archipiélago cubano más sensibles a las variaciones del clima.



●●●● **Fundamentos
científicos para la
Adaptación**

Fundamentos científicos para la Adaptación

VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Hablar de variabilidad climática y cambio climático no es desconocido en Cuba. La amplia información existente y la prioridad política que en el país tiene el tema, hace que el mismo sea bien conocido. Sin embargo, aún no existe un entendimiento pleno del problema ni una percepción adecuada de los riesgos asociados a este proceso. Un reciente resultado científico del Programa Nacional de Ciencia sobre Cambio Climático en Cuba, basado en un sondeo realizado a pobladores del este de La Habana, afirma que *“de forma general se aprecia escaso conocimiento en la población sobre la temática abordada”* (Barranco, 2017).

En concordancia con lo antes expresado, en ocasiones los medios de difusión masiva también dan un tratamiento inadecuado al tema; de la misma manera que algunos planteamientos de figuras públicas no lo tratan apropiadamente. Por ello, **hay que insistir en la necesidad de entender bien el problema para que su enfrentamiento a todos los niveles de la sociedad sea correcto.**

Simplificando la compleja teoría que explica el cambio climático, puede expresarse que este fenómeno es consecuencia de las elevadas y crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero como resultado de la actividad antrópica. El cambio climático es la transformación paulatina del clima actual a otro tipo de clima. Para Cuba esto significa que su clima tropical húmedo puede cambiar a un tipo climático subhúmedo seco.

El clima del país también será más extremo, lo que significa que el cambio vendrá acompañado de un incremento de la frecuencia, duración y severidad de las sequías y de las grandes precipita-

ciones. Al analizar los indicadores climáticos extremos, Burgos y González (2012), demostraron que desde la década del 70 han incrementado estos indicadores y particularmente, las temperaturas mínimas y máximas extremas, las noches cálidas, los días calurosos y las precipitaciones mayores de 100 mm en 24 horas.

Clima tropical húmedo de sabana

Clima subhúmedo de estepa

Cálido todo el año	Muy cálido todo el año
Temperatura promedio anual próxima a 26°C	Temperatura promedio anual próxima a 30°C
Temperatura promedio del mes más frío inferior a 25°C	Temperatura promedio del mes más frío superior a 25°C
Precipitación promedio anual entre 1300-1500 mm	Precipitación promedio anual inferior a 1200mm
Más de 100 días con lluvia anuales	Menos de 100 días con lluvia anuales
Evapotranspiración promedio entre 1700 y 1800 mm	Evapotranspiración promedio superior a 1800 mm

Basado en la clasificación de Köppen.

Es importante comprender que el concepto de clima se refiere a los valores promedios, generalmente de 30 años, de las variables meteorológicas y que el cambio de clima es el resultado de los cambios que se producen en la variabilidad climática; de manera que lo importante es estudiar y caracterizar dicho proceso. Considerando lo anterior, actualmente se utiliza el concepto de "clima cambiante", para referirse a este comportamiento anómalo sostenido de las variables climáticas que implica una tendencia de sus valores medios en un sentido determinado.

En Cuba se observa con mayor claridad tal cambio a partir de la década del 70, con una tendencia al aumento de la temperatura del aire y cambios en el régimen de precipitación. Los registros de temperatura del aire, mínima, media y máxima manifiestan un claro ascenso, mientras que las precipitaciones aumentan en el período menos lluvioso (noviembre - abril) y disminuyen en los llamados meses lluviosos (mayo - octubre) influyendo en el promedio anual.

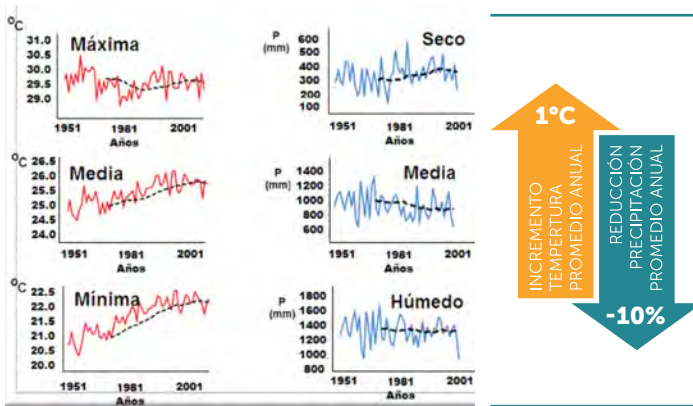
Lo más interesante en la precipitación es que se manifiesta un incremento de los eventos lluviosos mayores de 30 mm, acompañado de una reducción de los días con lluvia, lo cual tiene una repercusión negativa en el régimen de escurrimiento y en la disponibilidad de agua. Otras tendencias significativas descritas en las variables climáticas son el aumento de la evapotranspiración, la disminución de la cobertura nubosa y el aumento de la radiación solar.

EL CLIMA DE CUBA ESTÁ CAMBIANDO

HÚMEDO

SUB HÚMEDO

Tendencias en el Comportamiento de las Temperaturas Promedio Anual Máxima, Media y Mínima y en la Precipitación Promedio Anual y de los Períodos Seco y Húmedo.



- Disminuye la Cobertura Nubosa
- Aumenta la Radiación Solar
- Aumenta la Evapotranspiración
- Se incrementan los extremos hidrometeorológicos

LOS PAISAJES ÁRIDOS Y SEMIÁRIDOS TÍPICOS DE ALGUNAS REGIONES ORIENTALES SE ESTABLECERÁN EN OTRAS PARTES DEL PAÍS

Sobre la adaptación al cambio climático

VARIACIONES Y CAMBIOS EN EL SISTEMA HIDROLÓGICO TERRESTRE

El sistema hidrológico terrestre está integrado fundamentalmente por el agua superficial, el agua en el suelo, el agua usada por la vegetación y el agua subterránea. Este conjunto es el que determina la disponibilidad de agua en un territorio, a la que se accede como recurso natural a través de las cuencas fluviales, el suelo y los acuíferos.

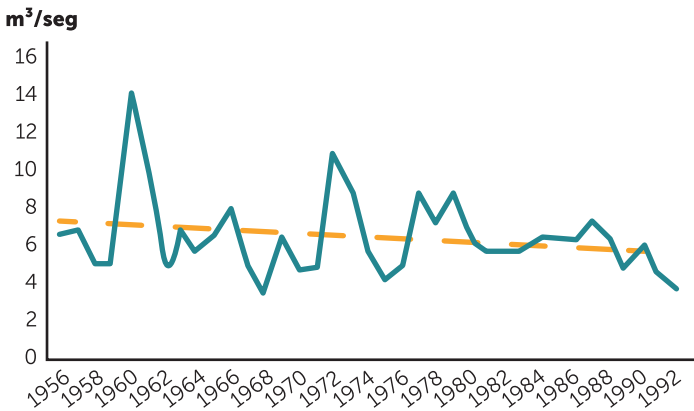
El funcionamiento del sistema hidrológico depende directamente de los procesos climáticos, particularmente de la precipitación que es la única fuente natural de agua en el país. En esta relación tiene una influencia significativa la disposición latitudinal y la forma alargada y estrecha del archipiélago cubano, fundamentalmente la isla mayor. Ello hace que las respuestas del sistema hidrológico sean inmediatas y con comportamiento muy similar al de las variables meteorológicas.

Las variaciones y los cambios que se producen en el clima se manifiestan de igual forma en las variables hidrológicas. Se observa una reducción significativa del agua dulce en los cuerpos de agua superficiales y subterráneos y en la que se acumula en el suelo y la vegetación. El comportamiento del clima y su impacto en el sistema hidrológico, combinado con el alto grado de deterioro del suelo, es la causa principal de que existan condiciones para que paisajes áridos y semiáridos típicos de algunas regiones orientales, se extiendan a otras partes del país y con ello, el peligro de procesos de desertificación. El escurrimiento superficial en algunas cuencas del país tiene una tendencia descendente y existe reducción en los recursos hídricos potenciales y aprovechables.

Es importante tener en cuenta que el impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos está en los recursos potenciales, lo que implicará un impacto negativo en los aprovechables. De manera general el sistema hidrológico se está deprimiendo. Al disminuir el aporte de agua dulce, como resultado de la reducción de la precipitación y del aumento de los procesos de evaporación, se reduce el proceso de infiltración y con ello el ingreso de agua

a los acuíferos. Como consecuencia de lo anterior, disminuye el volumen de agua en las reservas acuíferas por lo que también se restringe el aporte de agua subterránea a los ríos, debido a la desaparición de manantiales que sostienen el escurrimiento fluvial. Esto puede ocasionar que ríos caudalosos disminuyan el volumen de agua que por ellos fluye, e incluso que corrientes fluviales hoy permanentes se conviertan en intermitentes o en caso extremo desaparezcan.

Caudal Promedio Anual en Estación Hidrológica El Toro. Cuenca del Río Toa. Región Oriental de Cuba.

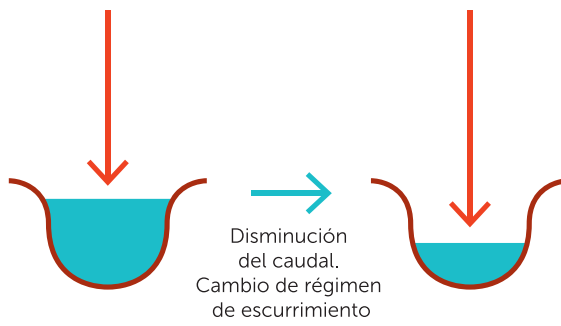
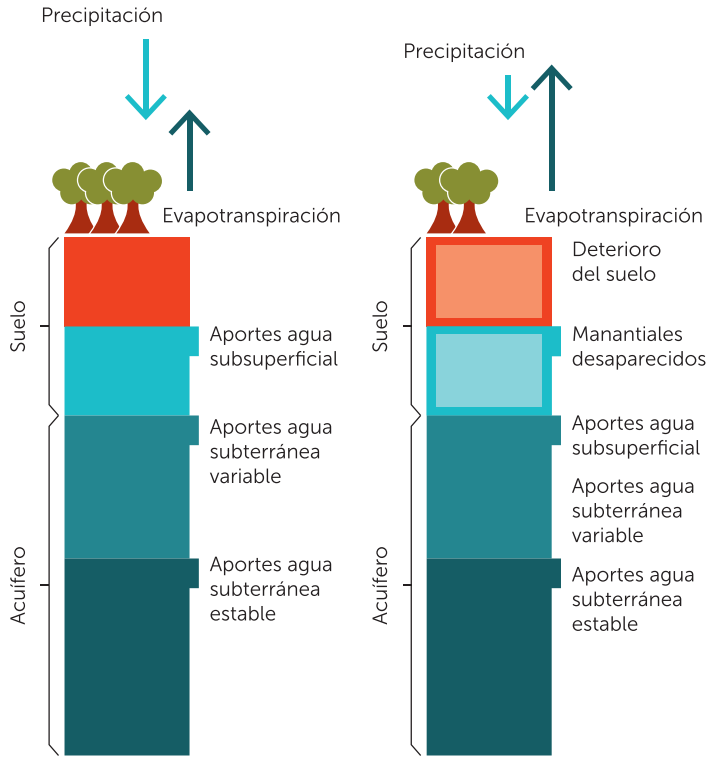


Evaluaciones de la disponibilidad de Recursos Hídricos en Cuba y estimado para el 2100.

Período o fecha de evaluación	Recurso potencial (km ³)	Recurso aprovechable (km ³)	Autor
1931 - 1972	38,0	24,0	INRH, 1986
1961 - 1990	30,0	18,0	Planos, 1998
2014	31,9	-	Batista, 2014

Las implicaciones de estos cambios son considerables para el equilibrio ecosistémico y para los sectores socioeconómicos.

Estos cambios en el sistema hidrológico repercuten también en los aportes de sedimentos y nutrientes a las zonas costeras y en la relación dinámica que, en los acuíferos costeros, se establece entre el agua dulce y el agua de mar que favorece el incremento de la intrusión salina.

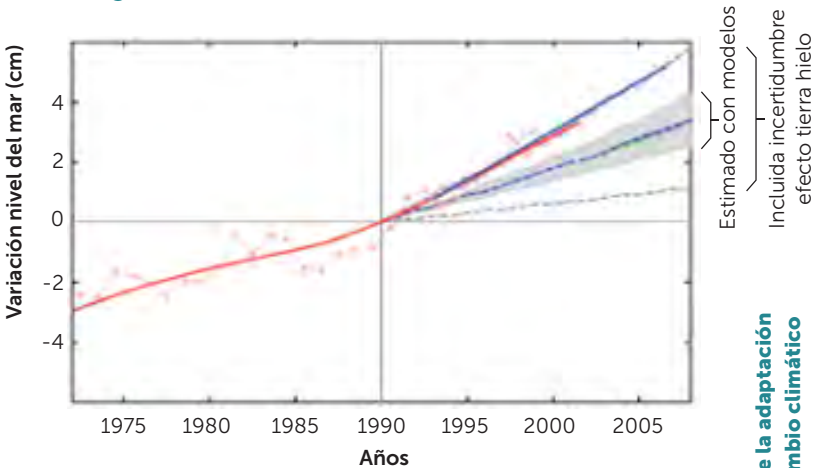


VARIACIONES Y CAMBIOS EN MARES ADYACENTES

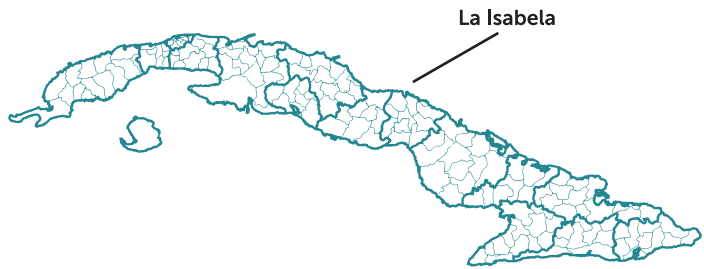
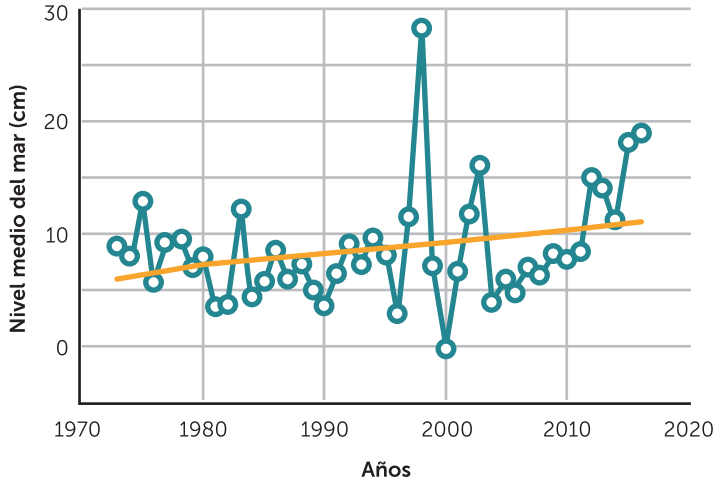
Al ser Cuba un archipiélago, todos los procesos medioambientales terrestres y marinos que en él tienen lugar, están conectados con el estado y la dinámica de los mares adyacentes. Desde el punto de vista del impacto del cambio climático, tres son los factores principales que deben tenerse en cuenta: el ascenso del nivel medio del mar, los cambios en las corrientes marinas y el intercambio de los mares de la plataforma con el océano.

Observaciones recientes realizadas con medios satelitales, combinadas con mediciones en la red mundial de mareógrafos, evidencian que globalmente el ascenso del nivel medio del mar coincide con las proyecciones más extremas presentadas por el IPCC sobre el incremento de la tasa anual de ascenso del nivel del mar. Esta tendencia también coincide con lo ocurrido en Cuba. Datos aportados por la red nacional de mareógrafos confirman el sostenido ascenso del nivel medio del mar, desde que las mismas comenzaron en la década del 70 y se han acelerado en los últimos años (Planos *et al.*, 2013).

Aumento observado del nivel del mar por vía satelital y en red de mareógrafos. Fuente: UNESCO, 2010.



Tendencia Nivel Medio del Mar. La Isabela. Costa Norte de Cuba. Fuente: Marcelino Hernández. Instituto de Ciencias del Mar, 2017.



Los impactos más significativos que se han producido y que ocurrirán son:

- Inundación permanente de tierras bajas del archipiélago. Con esto podría reducirse el área emergida de la isla mayor y de un número importante de los cayos adyacentes. Se estima que aproximadamente el 6% del territorio nacional quedaría permanentemente inundado.

- Incremento de la intrusión salina en los acuíferos costeros, lo que provocaría la reducción de las principales fuentes subterráneas de agua del país. El 80% de los acuíferos más importantes del país (76 acuíferos) tienen actualmente problemas de intrusión salina (Planos, 2012).
- Aumento de las inundaciones temporales debidas a fenómenos hidrometeorológicos extremos, principalmente huracanes.

La salinización de los acuíferos debido a la intrusión marina se incrementará. El impacto directo de este proceso, combinado con los cambios en el régimen de la precipitación, será la salinización de importantes reservas de agua subterránea. Esto se debe a la penetración de la cuña salina que puede avanzar hasta 5 km tierra adentro desde la futura nueva línea de costa, con un ascenso en dirección vertical nunca menor de 20m. Lo anterior producirá reducción significativa del bombeo de agua subterránea en acuíferos importantes y el cese de la explotación en los acuíferos costeros poco potentes, como consecuencia del incremento de la intrusión salina (Planos, 2012).

Un aspecto que aún no ha sido debidamente valorado sobre la intrusión salina y su impacto en las reservas de agua subterránea y en los ecosistemas, es la influencia del cambio en el nivel base del sistema hidrológico. La depresión del mismo, combinado con el aumento del nivel medio del mar, contribuirá a que la intrusión salina sea superior a la descrita.

El comportamiento de las corrientes marinas está afectado por el gradual cambio del relieve y de la morfología de los sistemas marino-costeros del archipiélago. Al aumentar la profundidad del fondo marino y retroceder la línea de costa, se producirá una intensificación de la velocidad y la fuerza de las corrientes, que en algunas zonas se acentuará por el aumento de la fuerza del viento, lo que ocurrirá con mayor potencia en presencia de eventos meteorológicos extremos (Planos *et al.*, 2013).

Este fenómeno también se verá reforzado por el aumento del intercambio entre los mares adyacentes a Cuba y el océano, como

resultado de la mayor profundidad en la plataforma y la disminución de los sistemas de cayos que sirven de primera barrera de protección al archipiélago. La interacción entre las corrientes marinas modificadas por el impacto del cambio climático y la futura nueva línea de costa, producirá un cambio en la dinámica de los procesos marino-costeros, tanto en los geomorfológicos como en los ecosistémicos.

Como consecuencia del cambio climático, se producirá un deterioro de la calidad ambiental general, resultante de la reducción del potencial hídrico, la pérdida de la tierra firme en zonas costeras bajas, la reducción y pérdida de humedales, el empobrecimiento del suelo, la disminución del rendimiento agrícola en cultivos fundamentales de la dieta nacional, la pérdida de la biodiversidad principalmente en zonas costeras, la afectación de asentamientos humanos costeros, el incremento de enfermedades transmisibles y el consecuente impacto sobre la actividad económica en general.

LA CONECTIVIDAD EN EL ESPACIO GEOGRÁFICO

Un aspecto cardinal para **gestionar integralmente la adaptación al cambio climático** que está ausente en algunos análisis, es la conectividad que en espacio geográfico se produce entre los sistemas que componen el medio ambiente. El amplio conocimiento del espacio geográfico, en particular de los paisajes y de los ecosistemas que en este se establecen, demuestra la interdependencia que existe en todos los procesos naturales y humanos; de ahí la necesidad de hacer de la adaptación un proceso integrador que se fundamente en tal conocimiento.

No se trata de complejizar el problema con disquisiciones teóricas que a veces se expresan de manera que alejan la incorporación de este tema a las soluciones prácticas. Se trata de identificar, con un enfoque sistémico, las interacciones e interdependencias que existen. Además, evaluar cómo una medida de adaptación concreta puede afectar a los elementos que mantienen en equilibrio un sistema y, en consecuencia, valorar la repercusión que la

medida tendrá en las relaciones que mantienen la conectividad entre los sistemas naturales y humanos que coexisten en el espacio geográfico.

La conectividad en el caso de Cuba se establece con una dinámica interactiva intensa entre los sistemas terrestres interiores, los sistemas costeros y los sistemas marinos. En ello tiene un papel relevante la disposición latitudinal del archipiélago porque ésta determina que las distancias a la costa desde el centro del país sean muy cortas. Hay tres elementos importantes de la morfología y la geología cubana que son definitorios para la conectividad e importantes para comprender mejor el impacto del cambio climático y la adaptación:

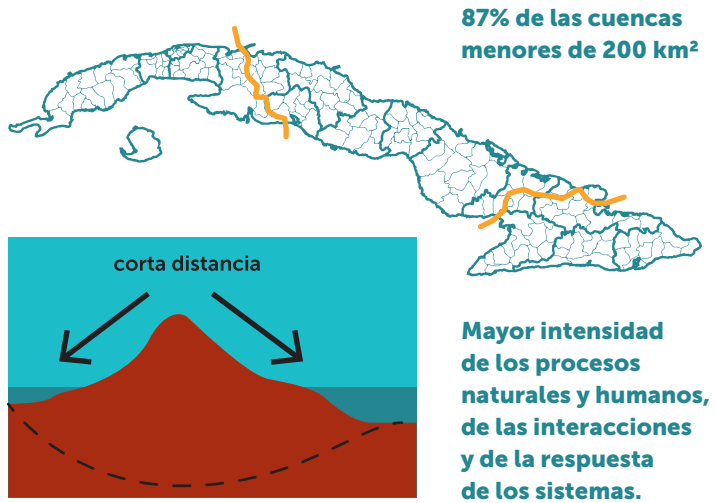
- **La condición de archipiélago:** porque los sistemas de cayeníos e islas menores que rodean a la isla mayor, condicionan el funcionamiento de la plataforma, la velocidad y dirección de las corrientes marinas, la forma como interactúan los mares adyacentes a Cuba con sus costas y con el océano y la interacción entre los ecosistemas marinos y terrestres, desde la costa hasta las partes altas de los territorios.

- **La disposición latitudinal de este a oeste del archipiélago y su estrechez:** en particular la estrechez de la Isla Cuba, hace que las cuencas fluviales sean pequeñas; el 82% es inferior a 200 km², por lo que los cursos fluviales son cortos y, como consecuencia, los tiempos de concentración de los flujos de agua superficial son breves. Esto provoca que los aportes de nutrientes y sedimentos y el impacto de lo que suceda en las cabeceras fluviales y a lo largo del curso de los ríos hasta que lleguen a la costa, ocurra en tiempos inferiores a las cinco horas con excepción de los ríos mayores como el Cauto, Zaza, Agabama y Toa, donde estos procesos no transcurren en más de 72 horas.

- **La amplia extensión del carso en la mayor parte del país:** tiene relevancia para la formación de los recursos hídricos, los paisajes, los ecosistemas y la forma como se relacionan los sistemas ambientales. En los acuíferos cársicos que están en conexión directa con el mar, es muy compleja la interacción entre los ecosistemas

costeros y terrestres y la conectividad entre todos los componentes del paisaje geográfico, sobre todo cuando las cuencas subterráneas rebasan la frontera de las cuencas superficiales.

Influencia de Factores Morfológicos en la Conectividad Espacial y Temporal.



INTERPRETANDO EL FUTURO CLIMÁTICO

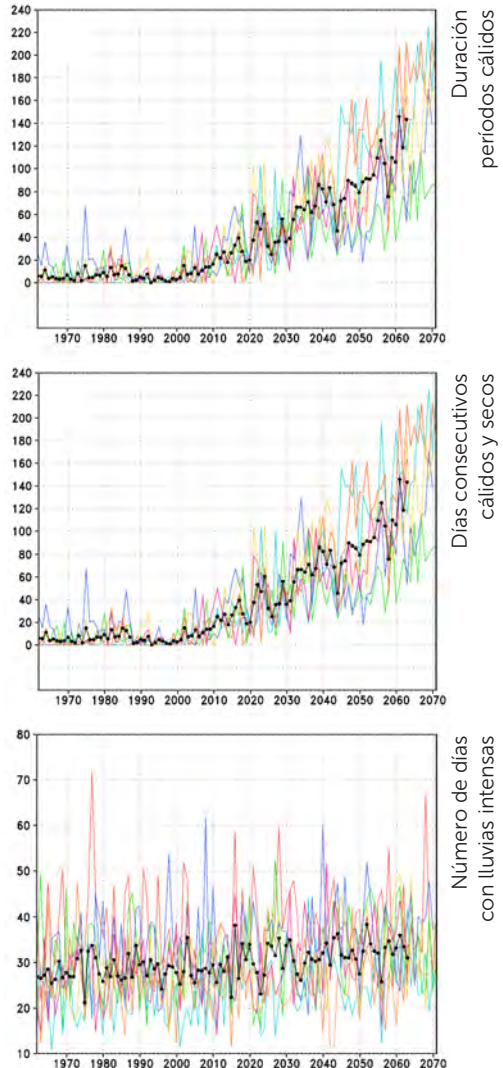
Para proyectar el clima del futuro se usan modelos globales y regionales. Se considera para esto el forzamiento que en el sistema climático produce la concentración de gases de efecto invernadero que se mantienen en la atmósfera por muchos años.

La modelación del clima futuro de Cuba se ha realizado con el Sistema de Modelo Regional PRECIS. Este esfuerzo es parte de un fructífero proyecto de colaboración regional con los estados insulares del Caribe, en coordinación con el Centro del CARICON para el Cambio Climático (CCCCC), la Universidad de *West Indian* y la colaboración del Centro *Hardley* del Clima del Reino Unido de Inglaterra.

Es muy importante comprender qué significan y cómo utilizar los escenarios de clima futuro obtenidos con la modelación. Los resultados que se obtienen no son pronósticos de lo que ocurrirá, son estimaciones de cómo pudiera ser el clima², en dependencia de factores físicos y humanos, fundamentalmente de la capacidad de mitigar el cambio climático (reducir las emisiones de gases de efecto invernadero), de la disminución de la vulnerabilidad en los sistemas medioambientales y de influencias regionales y globales, como el impacto del ascenso del nivel medio del mar resultante del derretimiento de los glaciares y las capas permanentes de hielo en los polos.

El Instituto de Meteorología ha descrito con detalle las variaciones y los cambios del clima en el país y en la Región del Caribe y desde finales de la década del 90, ha generado escenarios del clima futuro, en correspondencia con las actualizaciones periódicas del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC). Los escenarios estimados han sido la base para estudiar los impactos del clima cambiante y el cambio

Estimación del comportamiento. Extremos Climáticos en la Isla de la Juventud.



² Los pronósticos tienen una probabilidad de ocurrencia calculada, mientras que las estimaciones que se obtienen con la modelación del clima no, porque dependen de factores, principalmente humanos, que pueden cambiar.

climático en sectores y ecosistemas estratégicos para el desarrollo del país.

Actualmente existen proyecciones del clima futuro en Cuba para los escenarios 2.6, 4.5 y 8.5 de concentración de trayectorias (IPCC, 2014), con una resolución espacial de 25 km². El más reciente resultado sobre el clima del futuro, para los mencionados RCP (Bezanilla *et al.*, 2017), confirman lo explicado hasta aquí sobre el comportamiento del clima y aporta criterios más sólidos sobre los extremos climáticos, con particular interés en el aumento de las temperaturas y de las precipitaciones extremas.

Los escenarios del clima futuro de Cuba para finales del Siglo XXI estiman que la temperatura media del aire puede elevarse hasta 4,5°C, con una disminución de la precipitación anual que oscilará entre 15 y 63%, acompañada del aumento de la evapotranspiración potencial y la evaporación real. Se producirá una reducción de la cobertura nubosa, lo que implicará el incremento de la radiación solar.

Segunda Comunicación Nacional (INSMET, 2015)

Las estimaciones obtenidas con la modelación sobre la magnitud del cambio de las variables climáticas tienen un grado de incertidumbre determinado, que en algunos casos es elevada. Ello es consecuencia, principalmente, de la complejidad del sistema climático y de la habilidad de los modelos para representarlo. Existe seguridad incuestionable respecto al sentido del cambio, es decir, sobre el aumento o descenso de las variables climáticas, hidrológicas y oceanográficas. Por ello ha sido posible identificar con seguridad, las principales amenazas del cambio climático para el archipiélago, basadas en su tendencia, estas son:

- Aumento de la temperatura del aire
- Disminución de las precipitaciones
- Aumento del nivel medio del mar
- Incremento de los extremos hidrometeorológicos

Estas amenazas y los impactos que como consecuencia de ellas se han identificado, así como las propuestas de medidas de adaptación correspondientes, están detalladamente tratadas en los resultados de la Primera y Segunda comunicaciones nacionales a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Gutiérrez *et al.*, 2000; INSMET, 2015), en los resultados del Programa Nacional de Ciencia “Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación”, el Macroproyecto y en otros proyectos que se ejecutan en el país.

Cambios en el comportamiento de los Extremos Hidrometeorológicos.

	Intensidad	Frecuencia	Nivel de Certidumbre	
			Comportamiento	Afectación países
Tormentas tropicales	↑	↑	Alto	Reservado
Sugerencias	↑	↑	Alto	Alto
Grandes precipitaciones	↑	↑	Alto	Alto
Sequías	↑	↑	Alto	Alto
Calor	↑	↑	Alto	Alto



●●●● **La adaptación
al cambio climático**

La adaptación al cambio climático

La adaptación al cambio climático es un proceso complejo, que en última instancia depende de la capacidad financiera para asumir las inversiones y los esfuerzos requeridos.

El IPCC (2007), define que *“la adaptación son los ajustes en los sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o ante los efectos que produce el cambio climático. Estos ajustes pueden moderar el daño o aprovechar aspectos beneficiosos del cambio climático”*. Según como se produzca el proceso de adaptación se identifican tres tipos: autónoma, preventiva y planificada.

Conceptualmente también es importante la definición de la **“Capacidad adaptativa”**, explicada por el IPCC (2007), como la *“capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluidas la variabilidad climática y los fenómenos extremos), con el fin de moderar los daños potenciales, de beneficiarse de las oportunidades o de afrontar las consecuencias”*.

Al analizar las propuestas y las acciones que se manifiestan hoy en día sobre la adaptación al cambio climático, Planos (2017), llamó la atención sobre que varias de las medidas de adaptación que se plantean son, aunque útiles para ese fin, medidas de remediación o restauración que no toman en cuenta cómo funcionarán los ecosistemas bajo condiciones climáticas diferentes. Este autor señaló que ante embates como el producido por la sequía, se incentiva a tomar medidas paliativas, en espera del restablecimiento de las *“condiciones normales del clima”*, cuando realmente estas de hoy, son las condiciones climáticas normales en el camino hacia un clima más adverso para el modelo socioeconómico actual.

Basado en lo anterior, este autor también expresó que *“la adaptación no puede ser el empeño de mantener a toda costa el modo de vida y de producción del presente; se trata de mantener, con el apoyo de la ciencia y la técnica, lo que sea física y económicamente posible; y de construir, desde el presente, un modelo apropiado a las condiciones climáticas del futuro”*. Y para lograr esto, los plazos de la adaptación son fundamentales.

Adaptación Autónoma: no constituye una respuesta consciente a estímulos climáticos, sino que se desencadena por cambios ecológicos de los sistemas naturales o por alteraciones del mercado o del bienestar de los sistemas humanos.

Adaptación Preventiva: tiene lugar antes que se observen efectos del cambio climático, también se le llama adaptación proactiva.

Adaptación Planificada: resultante de una decisión expresa en un marco de políticas, basadas en el reconocimiento de que las condiciones han cambiado o están próximas a cambiar y de que es necesario adoptar medidas para retornar a un estado deseado, para mantenerlo o alcanzarlo.

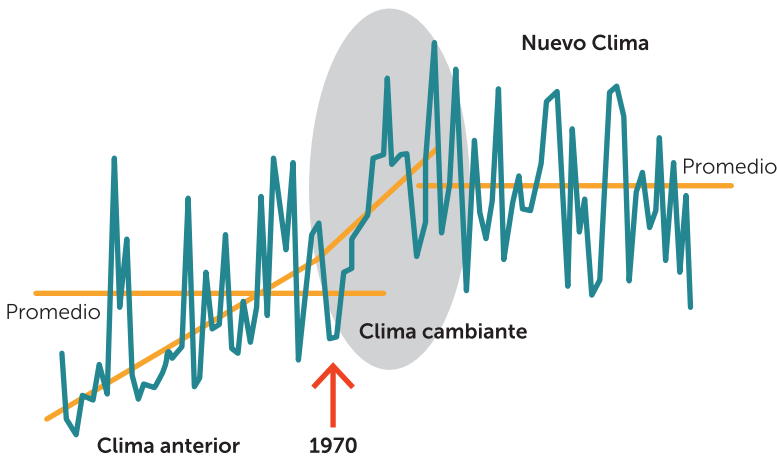
Las medidas de adaptación a corto plazo están relacionadas con la gestión del momento que se vive y hasta cinco años, o como máximo 10 de proyección futura y las que se proyecten con un alcance de mediano y largo plazos, tienen un carácter estratégico:

- En el corto plazo se entremezclan las necesidades del presente y los impactos asociados a las variaciones y los cambios que se observan en el clima. Las acciones y medidas que propicien la reducción de las vulnerabilidades, la remediación o restauración ambiental, la gestión del riesgo de desastres y el incremento de la percepción del riesgo, pueden ser consideradas medidas de adaptación a las variaciones y cambios observados en el clima. Los planes de producción y las inversiones que se acometan deben tener eficiente y rápida respuesta productiva e igualmente

una recuperación económica que garantice la rentabilidad de la inversión dentro del corto plazo.

- Para los plazos medio y largo la visión es estratégica y debe ser más precautoria, porque en estos se deben considerar los escenarios climáticos futuros y los cambios que bajo un nuevo clima se producirán en el potencial socioeconómico y natural de los territorios. Ello implica introducir el concepto de medidas de adaptación alternativas que respondan a los distintos futuros climáticos posibles y sus impactos. En este caso, el funcionamiento de los sistemas de observación ambiental es decisivo para, con el tiempo suficiente, verificar hacia cuál condición climática se transita para preverla con una antelación mínima de diez años.

Plazos de la adaptación



Sobre la adaptación al cambio climático

Conocer cuáles son los cambios observados en el clima, las tendencias predominantes y las predicciones climáticas en el futuro para saber a qué adaptarse.

No es posible hablar de adaptación sin este conocimiento. *“Adaptarse a la variabilidad del clima y reducir las vulnerabilidades, permitirá una mejor preparación para vivir bajo un nuevo clima. Si no hay capacidad de adaptación a la variabilidad del clima actual, menos capacidad habrá para adaptarse a un cambio climático de la magnitud que se proyecta”* (Paz, 2010).



Basado en un informe del Banco Interamericano para el Desarrollo (Ortiz, 2012), se puede afirmar que el impacto del cambio climático en la agricultura no debe verse basado solo en el efecto que producirá el ascenso de la temperatura y la disminución de las precipitaciones. El efecto directo del agua y de la temperatura está muy claro. Hay que tener en cuenta otros factores, por ejemplo, el impacto en los suelos, que producirá la pérdida de materia orgánica, debido a que las altas temperaturas aceleran la descomposición de la materia orgánica, a la vez que aumentan el ritmo de desarrollo de otros procesos que pueden afectar la fertilidad. Los ritmos de crecimiento de las raíces y de la descomposición de la materia orgánica disminuyen considerablemente en los suelos secos, lo que reduce la cobertura del suelo y hace a este último más vulnerable a la erosión eólica. Por su parte el aumento de las precipitaciones extremas también puede causar una erosión importante del suelo en las laderas montañosas.

El clima es un recurso natural del cual dependen las características, el funcionamiento y el estado de otros recursos y de los ecosistemas; y por tanto, es la base para las actividades económicas y sociales de un país. El hecho de que en Cuba se produzca un ascenso notable de la temperatura del aire, la reducción de las precipitaciones en los meses húmedos, el aumento de la evapotranspiración y de la radiación solar, conjuntamente con el incremento del comportamiento extremo del clima, hace que la adaptación no sea tan simple como producir

variedades de cultivos resistentes al estrés térmico e hídrico. Es preciso hacer una valoración de cómo serán las potencialidades del paisaje geográfico bajo el nuevo clima, para decidir sobre la conveniencia de mantener o no una actividad socioeconómica y un estilo de vida.

No basta conocer del clima futuro, la magnitud que alcancen determinadas variables climáticas y su relación directa con el desarrollo de áreas específicas. Hay que analizar el impacto sobre todos los elementos de la naturaleza. Se requiere de un enfoque integrado del análisis, para que las soluciones sean adecuadas y sostenibles y que además, tengan la singularidad que necesite cada caso.

Conocer cuáles son las amenazas y los impactos del cambio climático y saber que es lo inevitable.

Las amenazas debidas al cambio climático se han identificado claramente por los científicos cubanos y las principales ya se mencionaron en este trabajo. Los impactos más significativos son los siguientes:

- Afectaciones al bienestar humano
- Reducción de los recursos hídricos
- Pérdida de territorio emergido
- Aumento del riesgo de desastres
- Cambios en los ecosistemas
- Pérdida de condiciones para determinados cultivos y descenso en los rendimientos agropecuarios
- Incremento de las plagas que afectan cultivos agrícolas y de los vectores transmisores de enfermedades humanas
- Incremento de la invasión de especies exóticas
- Fragmentación o extinción de sistemas medioambientales únicos

Muchos de estos impactos son inevitables, porque el comportamiento de las variables climáticas, hidrológicas y oceanográficas no depende de acciones que se puedan hacer en el país. Esto obedece a las medidas de mitigación que globalmente se asuman por las grandes economías responsables de las emi-

siones de gases de efecto invernadero. Independientemente de los acuerdos de mitigación que pudieran lograrse, ya el nivel de concentración de estos gases es insostenible y el cambio climático inevitable a un nivel determinado. No obstante, varios de los impactos pueden ser evitados o aminorados con medidas de adaptación adecuadas.

Por las consecuencias y la magnitud de los impactos del cambio climático, **no existe una amenaza ni un impacto que sea más importante que otro, cualquiera de ellos podría tener consecuencias dramáticas para el modelo de vida actual y el desarrollo sostenible del país. Las amenazas y los impactos negativos del cambio climático deben analizarse de manera integrada y sin categorizar la importancia de uno respecto a los otros.**

Especial atención requieren los cambios que se observan y que continuarán produciéndose en los patrones de distribución espacial y temporal de las amenazas, sobre todo teniendo en cuenta que las condiciones de clima cambiante, estarán sujetas a cambios progresivos y variables en el tiempo, hasta tanto el clima no alcance una condición estable. Bajo estas circunstancias, toda actividad que dependa de estos factores, como los parámetros de seguridad de obras estructurales o de cualquier otra gestión que requiera de este criterio, son también cambiantes. Al decir seguridad, no solo se debe pensar en los desastres directamente ocasionados por los fenómenos extremos, sino también en el peso que algunos de ellos tienen en el clima como recurso natural y como reguladores de otros recursos, como el hídrico.

Viabilidad de los impactos del cambio climático y acciones de adaptación.

Impactos	Grado de viabilidad	Acciones para la adaptación
Afectaciones al bienestar humano	Evitable	Fortaleciendo la medicina preventiva en sistemas de vigilancia de salud pública y promoviendo un estilo de vida sano y adecuando las obras civiles a las nuevas condiciones climáticas

Reducción de recursos hídricos	Inevitable	Se requieren cambios en el uso del agua, sobre todo en el sector agropecuario, la introducción de tecnologías eficientes de uso de agua y ahorradoras y usos tradicionales como la cosecha de agua
Pérdida de territorio emergido	Inevitable	Requiere inicialmente de la restauración y rehabilitación de los ecosistemas marinos y costeros, con una visión que garantice el retroceso de los ecosistemas junto con la línea de costa y las transformaciones en la plataforma y corrientes marinas. Previsión a mediano y largo plazos del desplazamiento de asentamientos humanos en las zonas costeras y de construcciones en la nueva línea de costa apropiadas para el incremento del riesgo de desastres
Cambios en el equilibrio de los ecosistemas	Inevitable	Fortalecer o restaurar las condiciones físicas para su funcionamiento, acompañado de acciones que permitan las transiciones y cambios que ocurrirán
Pérdida de condiciones para determinados cultivos y descenso en los rendimientos agropecuarios	Evitable	Desarrollo de especies resistentes y apropiadas al nuevo clima y sustituir los cultivos tradicionales no apropiados a las nuevas condiciones agroclimáticas
Incremento de las plagas que afectan cultivos agrícolas y de los vectores que afectan la salud humana	Evitable	Desarrollo de especies resistentes y apropiadas al nuevo clima y sustituir los cultivos tradicionales no apropiados a las nuevas condiciones agroclimáticas
Incremento de la invasión de especies exóticas	Inevitable	Fortalecer el sistema de áreas protegidas. Rehabilitar y restaurar condiciones de ecosistemas
Fragmentación o extinción de sistemas medioambientales únicos	Inevitable	Fortalecer el sistema de áreas protegidas. Rehabilitar y restaurar condiciones de ecosistemas

REQUERIMIENTOS PARA LA ADAPTACIÓN

Además de las consideraciones precedentes, para la adaptación hay que satisfacer requerimientos que hagan posible propuestas basadas en un buen entendimiento del problema y que ofrezcan sostenibilidad y seguridad. **Un principio de partida e insoslayable para la adaptación, es que esta tiene que basarse en las estimaciones del futuro climático; las medidas que no tengan esta prospectiva, no son medidas de adaptación.** Muchas veces se confunde la adaptación con la remediación o la restauración ambiental y ciertas mejoras o cambios tecnológicos. Estas acciones reducen la vulnerabilidad, pero por lo general, no son medidas de adaptación. A continuación, se mencionan algunos de los requisitos fundamentales para la adaptación:

La evaluación de la vulnerabilidad es fundamental para precisar mejor los probables impactos del cambio climático a corto plazo. En el caso del riesgo de desastres, la vulnerabilidad se combina con la estimación de la frecuencia y la magnitud de las amenazas. En lo anterior consisten los estudios de Peligro-Vulnerabilidad-Riesgos (PVR) que tradicionalmente se hacen para la gestión del riesgo de desastre.

Cuando los estudios de PVR se relacionan con el análisis de los impactos del cambio climático y la toma de medidas de adaptación, sus perspectivas deben rebasar la frontera de establecer solo el riesgo del presente o a corto plazo. Los estudios de riesgo de desastres asociados al cambio climático deben considerar dos aspectos particulares del comportamiento espacio-temporal de las amenazas: su carácter evolutivo en plazos muy cortos y su evolución en el medio y largo plazos. El riesgo de desastres (R) a plazos medio y largo, cuando se considera el cambio climático, debe analizarse como el resultado de la combinación de los cambios en los peligros (Cp) y las vulnerabilidades (Cv) y la capacidad adaptativa (CA) de los ecosistemas, de manera que:

$$R = Cv * Cp * CA$$

Sobre esto aún no existen criterios bien definidos, porque para considerar con rigor el carácter evolutivo del riesgo, es necesario avanzar en la atribución y detección del cambio climático, reducir la incertidumbre de las estimaciones del futuro climático y establecer una metodología para reducir la incertidumbre de los análisis estadísticos, debida a la inconsistencia que en las de las series cronológicas, producirá la concurrencia de estadios climáticos diferentes. Sin embargo, la valoración del riesgo considerando el cambio climático puede hacerse a nivel de escenarios.

Los estudios de PVR ofrecen el grado de vulnerabilidad de los territorios en el presente y a corto plazo y forman parte de la línea base de referencia para analizar las transformaciones a mediano y largo plazos, como consecuencia del cambio climático. Debido a las anomalías observadas en la variabilidad climática, es sumamente importante actualizar los estudios de PVR cada cinco años como mínimo, para que incorporen las variaciones y los cambios que se producen en el clima.

La responsabilidad de entender lo que representa el clima cambiante y las incertidumbres sobre el clima del futuro para la adaptación es uno de los principios más importantes para las proyecciones del futuro. **En las afirmaciones que se hagan sobre los impactos y las acciones de adaptación que se propongan, no se debe dar seguridad absoluta sobre el momento en que se producirá un impacto determinado y la magnitud y extensión del mismo. No es tan significativo centrar la atención en la magnitud del cambio**, debido a la dependencia que estas estimaciones tienen de las limitaciones que existen para la modelación y de la relación que tienen con los factores globales y regionales ya mencionados; **lo importante es prestar atención al sentido del cambio**. La dirección del cambio está científicamente comprobada y además, puede monitorearse.

La adaptación es un proceso que comienza desde el presente. De la misma manera que el cambio climático no se produce bruscamente, sino que es un proceso paulatino, también lo tendrá que ser la adaptación, sobre todo la que se base en cambios o introducción de tecnologías, que en

muchos casos siempre dependerá de oportunidades financieras y de mercado.

Debe existir un proceso escalonado de la adaptación, de forma que este se produzca en la medida que se verifique la factibilidad de los escenarios estimados, sobre todo cuando las medidas conlleven inversiones cuantiosas. Por otra parte, como la adaptación se proyecta y se ejecuta desde el presente, las medidas que se adopten deben ser útiles desde el mismo momento de su implementación.

Un buen ejemplo, es cómo tratar el impacto que tendrá el ascenso del nivel medio del mar sobre los ecosistemas marino-costeros, en particular sobre los sistemas humanos. Se ha estimado que el retroceso de la costa en las localidades más bajas del país puede llegar hasta 7 km desde su posición actual y que el 6% del territorio nacional emergido podría quedar sumergido permanentemente, con afectaciones a casi un millón de cubanos (AMA, 2010; Planos *et al.*, 2013).

Independientemente de la relativa seguridad que tiene esta proyección, no se pueden implementar medidas de adaptación inmediatas que impliquen deshabitar territorios que serían afectados, como puede ser el caso de la Ciénaga de Zapata, donde los modelos indican que quedará casi totalmente inundada en el año 2100. Esto requiere de monitoreo y de la elaboración de un planeamiento que permita, con el tiempo adecuado, hacer lo necesario cuando la certeza del hecho sea firme.

La gestión integrada de la adaptación es definitoria y para lograrla es fundamental tener en cuenta varios elementos, principalmente los siguientes: el grado de vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos y su capacidad adaptativa, los cambios observados en el clima, el comportamiento futuro de las amenazas relacionadas con el cambio climático, los impactos asociados a las amenazas y los cambios en los factores que propician y regulan la conectividad en los sistemas. Sin este análisis, no es posible que las medidas de adaptación consideren integralmente el problema que se debe enfrentar.

Para una adaptación oportuna, satisfactoria y sostenible, es muy importante tener en cuenta que se trata de acciones que deben realizarse con una visión integradora de los múltiples procesos que se desarrollan interactivamente en y entre los sistemas naturales y humanos que conforman el medio ambiente. Una medida de adaptación eficaz sectorialmente, puede tener impactos negativos en otros sectores o sistemas ambientales, provocando daños mayores que los beneficios esperados. Precisamente, **la causa principal de los impactos negativos de las intervenciones humanas en el medio ambiente, es que muchas de ellas se hacen sin considerar la cadena de impactos que determina da obra o acción puede producir en su entorno.**

Un grupo de expertos nacionales de alto nivel científico, convocado para evaluar los estudios integrados de adaptación realizados en el marco de la Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Planos, 2014), emitieron consideraciones al respecto, las que por su importancia se relacionan a continuación:

Sobre la adaptación:

- El basamento de un buen estudio de adaptación es el conocimiento de lo que se espera sea el clima del futuro
- En los estudios de adaptación al cambio climático debe quedar claramente delimitado que la estrategia de adaptación y la de respuesta ante fenómenos meteorológicos o a otros problemas ambientales del presente, son cosas distintas. La estrategia de respuesta inmediata forma parte de los planes de contingencia para los casos de desastres o de remediación de impactos ambientales nocivos. Desde el punto de vista de la adaptación al cambio climático, la valoración de los fenómenos meteorológicos, sobre todo de los extremos, debe ser parte del reconocimiento de los cambios en el comportamiento futuro de las amenazas y de la vulnerabilidad y el análisis de cómo reducirla. La adaptación hay que verla a mediano y largo plazos y relacionada con el escenario progresivo del país.

- El horizonte temporal debe ser precisado, definiendo los impactos existentes desde el presente, de manera que se tengan en cuenta en las inversiones que se planifiquen. Esta práctica puede inducir a la revisión de inversiones ya decididas e inversiones no previstas para el futuro.
- Las medidas de adaptación deben plantearse considerando integralmente todos los aspectos de la sociedad, formulándose desde la escala local hasta la de país e incluyendo temas como la participación comunitaria, la sensibilización y la educación.
- El proceso adaptativo es esencial. No se puede esperar que de un estudio preliminar se decidan inversiones; es un proceso largo, derivado de la incertidumbre sobre el clima futuro. Muchos aspectos de la adaptación están vinculados a otros temas de manejo de recursos. No obstante, es necesario encontrar vías para que los planes de desarrollo del país a mediano y largo plazos tengan en cuenta el impacto del cambio climático, incorporándoles cuando correspondan, las medidas de adaptación que se propongan, las cuales deben ser revisadas y precisarse con la marcha del tiempo.
- Desde el presente es necesario tener regulaciones y normas técnicas que consideren el impacto del cambio climático, sobre todo para las actividades que ejecuten obras de larga vida útil.
- Como consecuencia de lo anterior, deben reforzarse o desarrollarse proyectos ejecutivos, como la reforestación de las márgenes fluviales y las costas que contribuyan a la adaptación al cambio climático.
- La adaptación en la esfera del agua es esencial. Sin embargo, la visión que existe de este problema en el campo de los recursos hídricos es limitada, solo se habla del manejo y la gestión del recurso. La adaptación debe considerar seriamente la disponibilidad y calidad futura de agua y su relación con los planes de desarrollo, el impacto sobre la infraestructura hidráulica y su operatividad y el agua como componente del ecosistema. El impacto del cambio climático sobre el agua, por la importancia y

valor de este recurso, puede considerarse uno de los más perjudiciales en Cuba.

- La defensa es un tema importante a considerar y cómo se afecta su estructura y funcionamiento.
- El papel de la ciencia es primordial para el enfrentamiento al cambio climático. Hay que lograr que la investigación científica y su aplicación, consideren apropiadamente los escenarios futuros del clima y los impactos derivados del mismo, con una visión integral.
- En los ecosistemas se habla de la fragmentación, degradación, reducción y desaparición de las especies y esto debe reflejarse en medidas de adaptación, con estrategias de conservación in situ para las especies amenazadas y protegidas, que debe ser extendida a otras especies. Es muy importante considerar el impacto de las especies exóticas invasoras.
- Para las medidas de adaptación en los ecosistemas es imprescindible tener en cuenta otros ecosistemas costeros y su relación con los interiores.
- Hay que trabajar en la valoración económica de los servicios ambientales y el uso adecuado de estas valoraciones.

Sobre el análisis integrado:

- Hay que integrar impactos, adaptación y desarrollo socioeconómico; para definir objetos de estudios como: (1) aspectos sociales expresados en los sectores económicos y (2) sectores económicos claves. Para esto, es necesario desarrollar métricas que sean indicadores de: capacidad, impactos y adaptación.
- La integración requiere la identificación de conflictos y sinergias entre los impactos y medidas de adaptación.
- La integración y las propuestas de adaptación deben ser conciliadas, observando qué pasará en los sectores sociales para minimizar los riesgos asociados.

- Debe considerarse la localidad y el papel del gobierno, buscar una sinergia con el desarrollo local.

Estas opiniones se fundamentaron para el desarrollo de una metodología de análisis integrado del impacto del cambio climático y de las medidas de adaptación, que se aplicó en el sur de las provincias Artemisa y Mayabeque (Planos, 2014).

Es vital el fortalecimiento de los sistemas de observación de las variables del ciclo hidrológico, lo que implica ampliar las redes de observación, introducir tecnologías modernas sostenibles y adaptar su diseño y programa de trabajo en correspondencia con los cambios en la frecuencia y distribución espacio temporal de las variables meteorológicas, hidrológicas y oceanográficas, con el objetivo de verificar las tendencias del clima. Esta acción posibilita tener **estrategias de adaptación alternativas que puedan implementarse escalonadamente**, en dependencia de su factibilidad y que tengan la posibilidad de adecuarse según el escenario de clima futuro al que apuntan las tendencias que se observen.

El manejo adaptativo es un proceso iterativo de planeamiento, implementación y modificación de estrategias ante la incertidumbre y cambio de perspectivas. Supone un proceso de ajustar las opciones y decisiones preliminares a los cambios observados y sus efectos y cambios en los sistemas.

Indispensable es evaluar económicamente los impactos del cambio climático y de las medidas de adaptación. Este es un aspecto que se estudia en Cuba y que tiene antecedentes importantes en el proyecto Internacional Sabana-Camagüey (1998-2012). En particular la valoración de los bienes y servicios ambientales, es uno de los criterios a tener en cuenta y sobre lo que más resultados existen en el país. Tales estudios consisten en una evaluación de los bienes que brindan los ecosistemas por servicios de aprovisionamiento, regulación y culturales.

Para las consideraciones económicas de las proyecciones del desarrollo sostenible a plazos medio y largo, debe profundizarse

en el estudio de **la relación precio de importación - costo de producción en el país**, con un enfoque que incluya el costo ambiental y evaluar cómo el cambio climático afectará la disponibilidad de recursos para asumir la producción nacional de algunos productos. Lo anterior debe cobrar cada vez más importancia, sobre todo en el caso de la agricultura, visto con una proyección estratégica que considere los plazos de la adaptación. Para ello hay que analizar con detenimiento, las potencialidades de las actividades agropecuarias bajo las futuras condiciones climáticas y lo que representaría producir en el país determinado producto.

Según la UNESCO (2004), Cuba con los productos agrícolas que adquiere en el exterior, importa anualmente, aproximadamente 2 787 millones de metros cúbicos de agua. Y teniendo en cuenta además, la cantidad de agua utilizada por la agricultura cubana en el 2015, el total de agua relacionada con los productos agrícolas fue de 7 306 millones de metros cúbicos, que representaron el 54% del total de agua disponible para todos los usos.

Para el desarrollo agrícola del país es primordial incrementar las investigaciones científicas que produzcan especies cultivables que se adapten al clima del futuro, que tributen sosteniblemente a la soberanía alimentaria y que tengan en cuenta que el estrés térmico y el déficit de agua son una realidad que se incrementará paulatinamente con el impacto del cambio climático. Esta situación estará acompañada de otros impactos, como la reducción de áreas actualmente destinadas a la actividad agropecuaria que serán inundadas por el mar en la nueva posición que el mismo tendrá en el futuro, el empobrecimiento del suelo y el incremento de las sequías y de las grandes precipitaciones.

Otro de los retos de la adaptación es **el rescate e implementación de tecnologías tradicionales y limpias**. Su utilización en la agricultura urbana, suburbana y conservacionista, combinada con la práctica agrícola tradicional, permitiría incrementar las producciones para satisfacer las demandas de la población, con el uso de fuentes no convencionales de agua y de energía. Con el empleo de la cosecha de agua en la agricultura y el turismo,

se incrementaría la disponibilidad de este recurso a costos muy bajos comparados con otras prácticas. La cosecha de agua es una de las vías más económicas y sostenibles de incrementar la disponibilidad de los recursos hídricos.

La urgencia de propiciar cambios en los patrones de comportamiento, considerando que el clima cambiará.

El clima condiciona, en gran medida, el modo de vida y por tanto, es imposible proponerse mantener un modelo de producción agrícola, un estilo de vida, una arquitectura y, en general, un modelo socioeconómico que responde a un régimen climático que se extingue para dar paso a otro. Este es uno de los temas más complejos por su vinculación con la percepción del riesgo intrínseco al cambio climático y con el entendimiento del problema, elementos indispensables para vencer la resistencia al necesario cambio. La adaptación hay que construirla socialmente.

La evaluación del elemento humano es esencial para el proceso de adaptación. Aún no se ha logrado igual avance sobre el enfrentamiento al cambio climático en las ciencias sociales, en comparación con lo alcanzado en las ciencias físicas y naturales. El análisis del envejecimiento de la población y la visión de género son esenciales para el proceso adaptativo ya que ambos exigen definiciones singulares y específicas de cada localidad y actividad que se evalúe.

Tener indicadores para evaluar los procesos de adaptación.

Tener indicadores, sobre todo a escala local o de medidas específicas, es fundamental. En el mundo, la mayoría de los indicadores que existen para evaluar la adaptación se enfocan principalmente hacia políticas socioeconómicas, procesos inversionistas y la capacidad adaptativa. No se encuentran fácilmente indicadores que directamente midan la efectividad y sostenibilidad de medidas de adaptación concretas.

En un estudio que abarcó 18 países latinoamericanos, incluida Cuba (Brenes *et al.*, 2013), se construyó una matriz de 200 indi-

Indicadores de la capacidad adaptativa, agrupados en cinco áreas: capacidad política, capacidad económica, capacidad de gestión del conocimiento y la información, capacidad ecosistémica y capacidad social. Estos indicadores son de carácter macro y no hacen evaluaciones de medidas concretas.

También relacionados con el cambio climático existen otros indicadores para la vulnerabilidad y los impactos (CEPAL, 2014) que permiten evaluar aspectos como: el grado de exposición al cambio climático, la sensibilidad y la vulnerabilidad.

Indicadores Proyecto Euroclima relacionados con la capacidad adaptativa

Capacidad Política:

Instituciones encargadas de seguimiento
Porcentaje de fondos de los gobiernos central y locales
Planes y políticas de soporte
Mejoras en las capacidades de generar y aplicar respuestas

Capacidad Económica:

Mecanismos de incentivos
Sistema de distribución de incentivos
Esquemas de compensación
Seguros y subsidios

Capacidad de Gestión del Conocimiento y de la Información:

Sistema de información
Frecuencia e intensidad del seguimiento
Conocimiento y dominio de riesgos y fomento de estudios de adaptación
Conocimientos y destreza sobre la adaptación
Contabilidad de riesgos (magnitud y distribución espacio temporal)

Capacidad Ecosistémica:

Vulnerabilidades reconocidas
Capacidad de uso y manejo del agua
Cobertura de ecosistema que brindan servicios ambientales para la adaptación

Recursos ambientales
Producción de cultivos resilientes

Capacidad Social:

Medidas implementadas y monitoreadas
Capacidad local para decidir y aplicar medidas
Cambios en los patrones de comportamiento
Sustentabilidad de la capacidad adaptativa
Mecanismos adaptativos asumidos por los sistemas productivos, productores, comercializadores y consumidores

Indicadores del Cambio Climático. CEPAL 2014

Índice de Exposición: evalúa el riesgo actual de que una región reciba un impacto de eventos extremos relacionados con el clima. No tiene la capacidad para predecir la localización exacta de los eventos extremos futuros, pero combinando datos avanzados de modelos climáticos del futuro con información sobre eventos extremos del pasado, se identifican patrones amplios de cambios potenciales junto con zonas de singular presencia de eventos extremos.

Índice de Sensibilidad: sensibilidad humana relativa actual a la exposición a eventos relacionados con el clima extremo y el cambio climático. Mediante una combinación de datos del país, el Índice analiza aspectos de sensibilidad relacionados con salud, pobreza, conocimiento, infraestructura, desplazamiento, agricultura, presiones demográficas y presiones sobre los recursos.

Índice de Vulnerabilidad: evalúa la vulnerabilidad de las poblaciones humanas a fenómenos extremos relacionados con el clima y los cambios y los cambios en sus principales parámetros en los próximos treinta años. Combina el riesgo de exposición y los cambios en el clima y fenómenos extremos con la actual sensibilidad humana a esa exposición, y la capacidad de un país para adaptarse al cambio climático o para aprovechar esos cambios.

Muchos de los indicadores socioeconómicos y medioambientales que existen, proyectados al futuro climático, son igualmente indicadores de adaptación. Evaluar los mismos, con visión de cambio climático, sería una excelente contribución para determinar la idoneidad y efectividad de las medidas de adaptación. Cada medida de adaptación específica debe acompañarse de indicadores que permitan evaluar su efectividad en su propósito directo y sus impactos en los sistemas asociados al elemento sobre el que se aplica la acción.

Ejemplos de indicadores para Medidas de Adaptación específicas en el Sector de los Recursos Hídricos

Medida	Objetivo	Indicador
Rehabilitación y renovación de conductoras de acueducto, canales y equivalentes (riego)	Reducir las pérdidas para aumentar disponibilidad de agua	% Reducción de entrega en las fuentes
Reducción de carga contaminante a las aguas superficiales y subterráneas	Aumentar la disponibilidad de agua y proteger el medio ambiente	Cantidad de nuevos sistemas de tratamiento % de volumen de aguas recicladas
Introducción de tecnologías apropiadas en el sector agua	Aumentar la disponibilidad de agua y proteger el sistema hidrológico	Volumen de agua cosechada y producida anualmente % Reducción de entrega en las fuentes
Enfoque de ecosistema a la gestión integrada del recurso agua	Proteger el sistema hidrológico y los ecosistemas asociados al agua	% de incremento del caudal ambiental Incremento de vitalidad de ecosistemas asociados al agua



Las medidas de adaptación en Cuba

Las medidas de adaptación en Cuba

Todos los proyectos dedicados a la evaluación de los impactos de la variabilidad climática y el cambio climático han propuesto un conjunto de medidas de adaptación, muchas de las cuales se han implementado a diferentes escalas. A continuación, se presenta una selección de medidas de adaptación propuestas o implementadas que constituyen ejemplos de una proyección futura, considerando el cambio climático.

MEDIDAS DE FORTALECIMIENTO DE SISTEMAS

Sistemas de monitoreo de las variables climáticas, hidrológicas y oceanográficas: esta es una medida de carácter preventivo, que prevé la adecuación de las redes de observación al considerar los cambios que se producirán en el comportamiento de las variables, en particular los eventos extremos.

Sistema de Áreas Protegidas: incorporar en los planes de manejo, acciones concretas que permitan identificar los riesgos asociados al impacto de las altas temperaturas, el aumento de la radiación solar y las alteraciones en el régimen hidrológico, para proteger las especies más vulnerables.

Sistema de atención a la población infantil y al adulto mayor: en prevención de afectaciones, que pudieran ser numerosas en algunas épocas del año, como consecuencia del efecto prolongado de temperaturas excesivas y noches cálidas y el incremento de la radiación solar directa.

Sistema de vigilancia, control y erradicación de vectores: debido al incremento esperado como consecuencia de las elevadas

temperaturas, el déficit de agua y el aumento de la práctica de recolección doméstica de agua.

Sistemas de vigilancia sanitaria: en prevención de las plagas y enfermedades que pueden incrementarse como consecuencia de los cambios en la temperatura, afectando tanto a los cultivos como a la ganadería.

MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS SISTEMAS COSTEROS

Restauración y rehabilitación de los bosques de mangles: labor que se realiza para devolver las condiciones físicas de la costa de manglar que permita la rehabilitación de manglares, pastos y arrecifes coralinos y su funcionalidad ecosistémica.

Reducir la densidad demográfica en las zonas bajas y en la parte baja de las cuencas hidrográficas: medida dirigida a proteger la población y reducir las vulnerabilidades.

Desarrollar concepciones constructivas adaptadas a las inundaciones temporales para las zonas bajas: medida dirigida a proteger la población y reducir las vulnerabilidades que limite la construcción de áreas residenciales, fábricas u hoteles en las zonas costeras bajas con perspectivas de uso mayores que 50 años.

Declarar zonas costeras protegidas: con categorías restrictivas de uso para proteger de forma más efectiva a los ecosistemas marinos.

Desarrollar la regeneración de las playas sobre la base de “soluciones blandas”: que se fortalezca el programa de recuperación y protección de playas con la regeneración usando “soluciones blandas” y en combinación con otras tecnologías. Unido esto con medidas de protección y rescate de las barreras naturales protectoras.

Potenciar el desarrollo de la acuicultura: para disminuir las presiones pesqueras sobre los ecosistemas arrecifales.

MEDIDAS SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y EL SISTEMA HIDRÁULICO

Ajustar los parámetros de diseño de las obras hidráulicas: medida encaminada a tener en cuenta en el diseño y funcionamiento de las obras hidráulicas, los cambios que se producirán en el régimen hidrológico y sus implicaciones en la satisfacción de las necesidades del recurso para la economía, la sociedad y el medio ambiente.

Gestión integrada del agua con enfoque ecosistémico: para lograr el manejo de las cuencas hidrográficas conservando el equilibrio entre los sistemas naturales y humanos establecidos en ellas.

Incrementar la protección de los recursos hídricos: reducción de la carga contaminante que se dispone en los cuerpos receptores superficiales y subterráneos, mediante la construcción de sistemas de tratamiento y elevar el reuso de las aguas residuales tratadas. También incrementar el aprovechamiento económico de residuos sólidos agrícolas y del tratamiento de residuales (producción de humus, abonos verdes) para el mejoramiento y conservación de suelos y el incremento de la producción, evitando su disposición en las aguas superficiales y subterráneas.

Implementación de obtención con el rescate de prácticas tradicionales: como la cosecha de agua, con normativas de uso en la agricultura urbana y suburbana e instalaciones turísticas.

MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Establecer medidas de conservación de especies, hábitats y ecosistemas: para eliminar las amenazas sobre la biodiversidad marina y costera, promoviendo 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.

Rehabilitación ecosistémica: que incluya la construcción de viveros de diferentes especies de mangle, de corales 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.

Manejo y uso de bienes y servicios de la diversidad biológica: conservación y utilización de los recursos genéticos emparentados con especies cultivadas (fundamentalmente los endémicos) para promover la seguridad alimentaria.

MEDIDAS EN EL SECTOR AGROPECUARIO

Obtención de nuevas variedades de especies agrícolas: desarrollar y utilizar nuevas variedades de especies agrícolas adecuadas al nuevo clima que sean resistentes a las altas temperaturas, al estrés hídrico y a las plagas.

Modificación de la superficie de cultivos: reducir la superficie de cultivos tradicionales (papa y arroz) para mantener altos rendimientos con variedades tolerantes a las nuevas condiciones climáticas.

Cambios estructurales y constructivos en la actividad ganadera: redistribuir territorialmente la carga por unidad especializada, de manera tal que mayor cantidad de animales se ubiquen en las regiones con condiciones más favorables en cuanto a temperatura y disponibilidad de agua y rediseñar las estructuras y lugares de estancia de los animales para favorecer su confort ambiental.

MEDIDAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Protección y control de asentamientos humanos: regular el desarrollo de nuevas áreas urbanas, teniendo en cuenta el aumento de la temperatura, el déficit hídrico y las afectaciones costeras, con el objetivo de proteger a la población con mejoras de confort, seguridad o menor vulnerabilidad

Cambios en el uso de la tierra: reorganizar la tenencia de la tierra en el país, en particular el sector cooperativo para contribuir

a mejorar y conservar las cualidades del recurso tierra y su mejor uso, obtener mayor nivel de uso del recurso tierra y elevar los rendimientos agrícolas actuales.

Recuperar la agro-productividad de los suelos: a través de un manejo integrado, haciendo corresponder las características y posibilidades de adaptación de los cultivos a la vocación de los suelos, acorde con las variables meteorológicas y mediante el acceso al riego eficiente, con nuevas normas y otros recursos que contribuyan a su eficiencia productiva y su rehabilitación.

Adaptación de cultivos en el oriente del país: valorar detenidamente las tierras más afectadas de la zona oriental por los fenómenos de aridización y el incremento de los procesos de sequía, con el fin de identificar las variedades de cultivos más apropiadas, determinar las prácticas de laboreo que se requieran, y encontrar soluciones para la demanda de agua de la población y el ganado, en estos territorios.

MEDIDAS APLICABLES EN EL SECTOR ENERGÉTICO

Incremento del uso de fuentes renovables de energía: para aprovechar las potencialidades de la radiación solar, consecuencia de la disminución de la cobertura nubosa. Ampliar las instalaciones de paneles solares y parques eólicos para aprovechar el incremento de la fuerza del viento en algunas áreas del país.

MEDIDAS EN EL SECTOR TURÍSTICO

Disminución del efecto de temperaturas sofocantes: aumentando las áreas verdes y de sombra natural y desarrollando una arquitectura que favorezca las áreas frescas.

Implementar en las instalaciones turísticas el uso de fuentes renovables de energía: para enfrentar el incremento del consumo eléctrico por el uso de equipos de refrigeración. Utilización de la cosecha de agua y el agua reciclada para contrarrestar el incremento del uso del agua, resultante del aumento de temperaturas.



Referencias bibliográficas

Referencias bibliográficas

Agencia de Medio Ambiente (AMA) 2010. *Resultados del macroproyecto Peligros y Vulnerabilidad Costera (2050-2010) al término del año 2009*. La Habana, Cuba: AMA, CITMA.

Barranco, G. 2017. *Cuencas hidrográficas y zona costera del este de la Habana. Aspectos del medio ambiente y el desarrollo ante los retos del cambio climático*. Informe Científico-Técnico. Programa Nacional de Ciencia Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación, La Habana, Cuba: Instituto de Geografía Tropical.

Batista, J. L. 2015. "Balance Hídrico de la República de Cuba". In: *I Conferencia Nacional de Ciencia y Tecnología*, La Habana, Cuba: CITMA.

Bezanilla, A.; Centella, A.; Roque, A.; Borrajeron & Alonso, Y. 2017. *Generación de escenarios climáticos a futuro de alta resolución sobre Cuba, el Caribe y territorios adyacente*. Informe Científico-Técnico. Programa Nacional de Ciencia Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación, La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.

Brenes, C.; Cifuentes, M. & Medellín, C. 2013. "Indicadores para planear y monitorear las capacidades sociales adaptativas, ante el Cambio Climático en América Latina". In: *Seminariode EURO-CLIMA+: Resultados y Perspectivas ante el Cambio Climático*, Bogotá, Colombia.

Burgos, Y. & González, I. 2012. "Análisis de Indicadores Climáticos Extremos en la Isla de Cuba". *Revista de Climatología*, 18: 81-91, ISSN: 1578-8768.

Centella, A.; Gutiérrez, T.; Limia, M. & Rivero, R. 2000. *Variaciones y Cambios del Clima en Cuba*. Informe Científico Técnico, La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.

Comisión Económica para Latinoamérica y el Caribe (CEPAL) 2014. *Índice de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en la Región de América Latina y el Caribe*. CEPAL, ISBN: 978-980-7644-61-7.

Duarte, C. 2016. *Ajuste de las normas netas para el pronóstico de riego de los cultivos agrícolas en Cuba, en función de la variabilidad climática*. Informe Científico-Técnico. Programa Nacional de Ciencia Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación, La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.

Fernández, L. 2012. *Evaluación Ambiental Integral de humedales prioritarios de Cuba. Amenazas actuales y potenciales*. Informe Científico-Técnico. Programa Nacional de Ciencia Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación, La Habana, Cuba: Instituto de Geografía Tropical.

Gutiérrez, T.; Centella, A.; Limia, M. & López, M. (eds.). 2000. *Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.

Herrera, J. 2015. "El riego, desafíos y ¿soluciones?". In: *Intervención en Sociedad Económica de Amigos del País*, La Habana, Cuba.

Instituto de Meteorología (INSMET) 1997. *Variaciones y Cambios del Clima en Cuba*. La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.

Instituto de Meteorología (INSMET) 2009. *Variaciones y Cambios del Clima en Cuba*. Informe Científico Técnico, La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.

Instituto de Meteorología (INSMET) 2015. *Segunda Comunicación Nacional al Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) 1986. *Esquema regional precisado para la utilización de los recursos hídricos y de suelos de las provincias cubanas*. Informe Técnico, La Habana, Cuba: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) 2000. *Nuevo Mapa Isoyético Anual de Cuba*. Informe Técnico, La Habana, Cuba: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

Mancina, C. 2017. *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 Científico-Técnico. Programa Nacional de Ciencia Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación, La Habana, Cuba: Instituto de Ecología y Sistemática.

Ortiz, R. 2012. *El Cambio Climático y la Producción Agrícola*. Notas Técnicas, no. ESG-TN-383, Banco Interamericano para el Desarrollo.

Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J. & Hanson, C. E. (eds.), Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1000 p.

Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) 2014. *Quinto Reporte de Evaluación*. Panel Intergubernamental para el Cambio Climático.

Partido Comunista de Cuba (PCC) 2011. *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*. La Habana, Cuba: Partido Comunista de Cuba.

Paz, L. 2010. "El cambio climático y sus consecuencias para Cuba". *Revista Bimestre Cubano de la Sociedad Económica de Amigos del País*, CVII(32): 54–71.

Planos, E. 2012. *Síntesis de Informativa sobre Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba*. La Habana, Cuba: Editorial AMA, ISBN: 978-959-300-044-4, Publicaciones BASAL.

Planos, E. 2014. *Análisis Integrado de los Impactos del Cambio Climático y las Medidas de Adaptación en el Sur de las Provincias de Artemisa y Mayabeque*. Informe Científico-Técnico. Programa Nacional de Ciencia Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación, La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.

Planos, E. 2017. "Cambio climático y medio ambiente en Cuba. Formulación de políticas y medidas de adaptación para el bienestar humano y funcionamiento de la sociedad". *Revista Cubana de Ciencias Sociales*, (46).

Planos, E.; Barros, O. & Carrasco, A. 1998. *Balance Hídrico de Cuba. Informe Técnico del Centro de Hidrología y Calidad de las Aguas*. La Habana, Cuba: INRH.

Planos, E.; Guevara, V. & Rivero, R. (eds.). 2013. *Cambio climático en Cuba: vulnerabilidad, impacto y adaptación y medidas de adaptación*. La Habana, Cuba: AMA, Instituto de Meteorología, ISBN: 978-959-300-035-2.

Rivero, R. 2013. *Impacto del cambio climático en el sector agrícola de Cuba*. Informe Científico-Técnico, La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.

Solano, O. 2011. *Proyección Futura de índices Agroclimáticos de Interés para Cuba*. Informe Científico-Técnico. Programa Nacional de Ciencia Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación, La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.

UNESCO 2004. *Water Footprint of Nations*. (ser. Main report. Value of Water Research Report Series, no. ser. 16), vol. 11, UNESCO.

Notas



COLECCIÓN
**ENTENDIENDO
EL CAMBIO CLIMÁTICO**



Al servicio
de las personas
y las naciones

