

**RECOMENDACIONES PARA
UNA ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN
AL CAMBIO CLIMÁTICO**
EN EL CONTEXTO DE LA TAREA VIDA

Dr.C. Eduardo O. Planos Gutiérrez

Instituto de Meteorología

Índice

INTRODUCCIÓN / 5

EL CAMBIO CLIMÁTICO EN CUBA / 9

ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN / 13

Medidas de adaptación / 15

Plazos para la adaptación / 23

Sistema de monitoreo y evaluación / 29

Indicadores / 30

Indicadores a escala local / 33

HERRAMIENTAS INDISPENSABLES / 37

Escenarios / 37

Escenarios climáticos / 37

Escenarios de ascenso del nivel medio del mar / 39

Escenarios hidrológicos / 43

Modelos biofísicos / 45

Sistemas de vigilancia / 46

CIENCIA CONSTITUIDA / 51

Temáticas con resultados relevantes para la adaptación / 51

Sector agropecuario / 52

Biodiversidad / 52

Recursos naturales y medio ambiente / 53

Tecnologías de la informatización / 53

Resultados marcos y transversales / 53

Metodología para el análisis de impactos y medidas de adaptación / 53

Peligros y riesgos / 55

Estudios de PVR / 55

Escenarios climáticos / 57

Los límites de 1.5 y 2.0°C / 58

Impacto del ascenso del nivel medio del mar / 59

RETOS PARA LA CIENCIA / 63

Procesos físicos, vulnerabilidades e impactos / 63

Sociedad y economía / 64

Adaptación / 65

El problema del agua / 67

REFLEXIONES FINALES / 71

REFERENCIAS / 75

ANEXOS / 78

Anexo I. Indicadores utilizados en la práctica internacional / 79

A.I.a. Euroclima: capacidad adaptativa / 79

A.I.b. Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo / 80

Anexo 2. Indicadores en sectores nacionales seleccionados / 82

Introducción

La adaptación es un proceso que debe comenzar por entender el cambio climático, sus consecuencias y el riesgo de no decidir a tiempo

La adaptación al cambio climático es el mayor de los retos que tiene el país en el enfrentamiento de esta amenaza inducida globalmente por años de políticas consumistas y dañinas al medio ambiente, de las que son responsables un reducido grupo de países desarrollados. Desde el punto de vista científico y aplicado, el principal problema para la adaptación radica en la incertidumbre que a mediano y largo plazos tienen los escenarios climáticos futuros obtenidos para los escenarios socioeconómicos de mitigación definidos por el IPCC (SRES¹ y RCP²).

Los escenarios climáticos del futuro son varios y divergentes, porque dependen de lo que se haga globalmente para mitigar las emisiones de gases de efecto de invernadero. Esto, combinado con la incerti-

¹ SRES: Representación plausible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que podrían ser radiativamente activas (gases de efecto invernadero, aerosoles) basada en un conjunto coherente de supuestos sobre las fuerzas que las determinan y las principales relaciones entre ellos.

² RCP: trayectoria de concentración representativa (RCP, por sus siglas en inglés) es una trayectoria de concentración de gases de efecto invernadero (no emisiones) adoptada por el IPCC. Las trayectorias describen diferentes futuros climáticos, todos los cuales se consideran posibles dependiendo del volumen de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos en los próximos años.

Restauración manglares en Cajío, provincia Artemisa //
Foto, Proyecto Manglar Vivo

dumbre de las estimaciones climáticas, dificulta la adopción de las decisiones que permitan proyectar, para plazos superiores a 10 años, modelos sectoriales y medio ambientales de adaptación al cambio climático, que implican inversiones cuantiosas o cambios significativos. Pero la adaptación al cambio climático es, además de un reto, una necesidad imperiosa y una responsabilidad de país, que debe ser asumida con el apoyo de la ciencia. Este trabajo tiene como objetivo principal, recomendar elementos que faciliten el proceso de la adaptación en el contexto de la Tarea Vida; reconociendo que:

- Aún existe una visión limitada y cautelosa en el proceso de toma de decisiones a mediano y largo plazos;
- no son debidamente conocidos ni utilizados los resultados científicos y las herramientas nacionales disponibles para la toma de decisiones y
- prevalece un enfoque sectorial en los análisis.

Para lograr los objetivos propuestos, en esta obra se exponen los aspectos fundamentales de la adaptación, como un proceso de gestión, formado por elementos científicos aplicados, perceptuales y económicos, sobre los que debe asentarse la decisión. El análisis se realiza ejemplificando con experiencias prácticas, principalmente nacionales, y simplificando los elementos teóricos a los necesarios para comprender el proceso. En ninguna medida se pretende cubrir todos los aspectos teóricos y prácticos de la adaptación, ni el amplio espectro de situaciones que puedan presentarse, sino de brindar recomendaciones metodológicas que sirvan de guía para el perfeccionamiento de las estrategias de adaptación y la implementación de las medidas correspondientes.

El cambio climático en Cuba

Los cambios ocurridos en el clima de Cuba son resultado de un proceso continuo, con tendencias claramente definidas por un comportamiento que se evidencia a través de la variabilidad climática, y que ha sido científicamente demostrado. Al mismo tiempo, la modelación realizada del futuro climático y sus impactos es coherente con lo observado en los sistemas nacionales de vigilancia climática, hidrológica y oceanográfica, y con las proyecciones del IPCC

El clima de Cuba sufre un proceso de transformación de Tropical lluvioso a Tropical subhúmedo seco. Esto significa que está ocurriendo un cambio importante en el comportamiento de las variables climáticas, en relación a su potencial como recurso natural y como fuente de amenazas desencadenantes de desastres. La tabla 1 muestra los cambios principales que deben ocurrir en las características climáticas del país.

Como resultado de las variaciones y cambios que se observan en el clima cubano y en sus tendencias, lo más significativo para la adaptación, es el incremento de las condiciones favorables para escenarios de déficit de humedad, con notable repercusión en los recursos hídricos. Lo anterior es consecuencia del aumento de la radiación solar; de la temperatura de aire y de los procesos de pérdida de

Paisaje de la región oriental de Cuba, provincia Guantánamo.
Componentes sistema climático // Foto original de Richard Molina

agua por evaporación; de la tendencia a la disminución de la precipitación; la disminución de los días con lluvia y de los cambios ecosistémicos que se observan a nivel local y regional.

Tabla 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS CLIMAS TROPICALES HÚMEDO Y SUBHÚMEDOS SECOS | Planos, 2019

Basado en la clasificación de Köppen

Clima tropical húmedo de sabana	Clima subhúmedo seco
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 1200 mm
Más de 100 días con lluvias anuales	Más de 100 días con lluvias anuales
Evapotranspiración promedio entre 1700 y 1800 mm	Evapotranspiración promedio superior a 1800 mm

De particular interés, especialmente para la agricultura y las actividades que se realizan al aire libre, es el incremento del umbral de la temperatura promedio mínima por encima de 25°C, la disminución de la oscilación térmica diaria y la prevalencia de noche muy cálidas, así como el incremento de las precipitaciones de 24 horas iguales o mayores de 50 mm. Otro elemento de significativa importancia para el clima, son los cambios que se manifiestan en las características oceanográficas de los mares adyacentes al archipiélago, particularmente de la circulación marina, que influyen en el clima local y regional, sobre todo en el régimen de vientos y de las temperaturas.

El ascenso del nivel promedio del mar es también un problema de gran importancia para el país, que será tratado detalladamente más adelante. La insularidad del territorio cubano, con miles de kilómetros de costas, donde se desarrolla una ingente actividad económica y social, hace de este problema uno de los principales que se enfrenta.

Estrategia de adaptación

La estrategia de adaptación al cambio climático debe ser concebida como la planificación de un conjunto de acciones para la adaptación a corto, mediano y largo plazos, teniendo en cuenta los posibles futuros escenarios socio económicos y medio ambientales consecuencia del impacto del clima. Debe ser enmarcada en la estrategia y los planes de desarrollo del país y, a su vez, considerada como soporte y, dentro de su competencia, guía para estos planes. Está integrada por las acciones y las decisiones necesarias para garantizar que su fin principal, las medidas de adaptación, sean oportunas y adecuadas

Podría preguntarse si debe existir una estrategia de adaptación o si bastaría con que en las estrategias de desarrollo se incluyera el proceso de adaptación. Sin lugar a dudas, las estrategias de desarrollo deben incluir la dimensión de la adaptación, pero ya con un nivel mayor de certidumbre y, por tanto, con una perspectiva más real y concreta. La adaptación es un proceso muy complejo, y con varios caminos alternativos que deben ser despejados antes de la toma de decisiones; por tanto, es conveniente que existan estrategias de adaptación específicas, estrechamente vinculadas a las de desarrollo. Si la dimensión de la adaptación se incluyera en las estrategias de desarrollo

sin la existencia de una estrategia para la adaptación, se haría muy complejo y difícil de gestionar la adaptación.

“No existe una definición universalmente aceptada de lo que cuenta como adaptación en la práctica. Las definiciones generales como la que propone el IPCC (2014) pueden resultar difíciles a la hora de emplearlas en una multitud de actividades y políticas”..., en consecuencia, *“muchos señalan la dificultad de elaborar un sistema de medición universal para determinar la idoneidad y la eficacia [de la adaptación], aparte del hecho de que no existe un único sistema de medición que se pueda ajustar bien a todos los países o proyectos diversos”* (Christiansen et al, 2018). Por tanto, desarrollar una estrategia de adaptación al cambio climático y una metodología para la determinación e implementación de las medidas de adaptación es una responsabilidad que debe ser asumida principalmente a partir de la experticia y cultura nacional. Desarrollar una estrategia de adaptación al cambio climático es una responsabilidad que debe ser asumida, principalmente, a partir de la experticia y la cultura nacionales.

En este sentido, la Constitución de la República de Cuba y varios de los instrumentos jurídicos generados a partir de ésta; y las políticas públicas rectoras del desarrollo, como los “Lineamientos de la Política Económica y Social del Estado y la Revolución” y las “Bases del Plan de Desarrollo Económico y Social para el 2030” (Pendes 2030), incluyen el enfrentamiento del cambio climático como una de las prioridades y establecen que la adaptación es la principal opción.

Desde el punto de vista legal y de las políticas, en el país no existen barreras para la adaptación.

Las estrategias de adaptación deben estar encabezadas por el enunciado de los escenarios futuros de desarrollo para los que se proponen las medidas. Es decir, definir a nivel de país, territorio, sector o

ecosistema, los posibles escenarios sociales, políticos y económicos para los que se planifica la adaptación. Un ejemplo genérico de un escenario de este tipo podría ser:

“El recurso o ecosistema ... en el escenario climático caracterizado por...sufrirá un nivel de impactos que se manifestará con cambios en ..., que en los territorios comprendidos en las regiones ..., implica afectaciones o beneficios en una magnitud del orden de... en la producción o funcionamiento de la actividad o ecosistema, de forma que existirán impactos en..., para lo que se requerirán las acciones y medidas de adaptación de tipo...”

Estratégicamente deben ser esbozados al menos tres escenarios de desarrollo que tengan en cuenta el impacto del cambio climático. Estos escenarios deben contemplar las situaciones siguientes: **a** avances en la mitigación, con implicaciones favorables en el clima; **b** se mantienen las emisiones al nivel actual y todo sigue igual y **c** se incrementan las emisiones y los impactos negativos del clima.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Las medidas de adaptación son las acciones concretas en respuesta a los impactos previsible del cambio climático. Estas tienen que considerar las proyecciones climáticas al futuro y los escenarios de desarrollo enunciados en la Estrategia, ser útiles desde su implementación, flexibles, sostenibles, amigables con su entorno y sus impactos verificables.

Aun la visión sobre el problema de la adaptación es limitada, desde el punto de vista de las proyecciones a mediano y largo plazos y sobre los eventos climáticos a los que más atención se presta. Por una parte, las medidas de adaptación que se han estado implementando en el país responden casi exclusivamente a las condiciones del presente y su evolución en el corto plazo y, por otro lado, se observa

un énfasis, sin dudas necesario, en la adaptación a los impactos ocasionados por los cambios en los extremos climáticos, sobre todo en los extremos máximos; mientras que no se aprecia igual atención a la adaptación propiamente al cambio de clima, es decir, de los parámetros medios, que son los que definen las potencialidades productivas. La perspectiva de la adaptación debe cubrir totalmente todos los comportamientos de las variables climáticas y sus impactos.

Según lo que se requiere hacer, las medidas de adaptación pueden agruparse en dos tipos:

● **De adecuación:**

cuando se trata de la revisión de las normas vigentes, que pueden dejar de ser efectivas como consecuencia de los impactos del cambio climático. En estas se incluyen, por ejemplo, las normas técnicas de diseño y seguridad de las obras civiles; de manejo de los recursos naturales y las relacionadas con los cultivos agrícolas, las cosechas y el riego. Todas las normas que establecen el cómo hacer en cualquier esfera de la vida deben ser revisadas. Por supuesto que la adecuación lleva implícito los cambios estructurales y socioeconómicos necesarios para el buen funcionamiento de los sistemas donde se produzcan los ajustes.

● **Nuevas medidas:**

que son las nuevas medidas que deben efectuarse teniendo en cuenta los cambios que se producirán en el funcionamiento de los ecosistemas³ naturales y humanos bajo nuevas condiciones climáticas.

³ En este trabajo el término "ecosistema", utilizado de manera general, se refiere en conjunto a los ecosistemas naturales y humanos. Y el término ecosistema humano se refiere a todos los sistemas donde el nivel de antropización es la fuerza motriz de la dinámica de los procesos que tienen lugar, e incluye la sociedad y los aspectos perceptuales.

Como resultado del trabajo realizado para la Segunda Comunicación Nacional a la "Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático" (2CN), se propusieron un conjunto de medidas de adaptación, que fueron agrupadas por Planos (2013) de la manera siguiente:

1

Fortalecimiento de sistemas

- Sistemas de monitoreo de las variables climáticas, hidrológicas y oceanográficas
- Sistema de Áreas Protegidas
- Sistema de atención a la población infantil y al adulto mayor
- Sistema de vigilancia, control y erradicación de vectores
- Sistemas de vigilancia sanitaria

2

Medidas para la protección de los sistemas costeros

- Restauración y rehabilitación de los bosques de mangles
- Reducción de la densidad demográfica en las zonas bajas y en la parte baja de las cuencas hidrográficas
- Desarrollo de concepciones constructivas adaptadas a las inundaciones temporales para las zonas bajas
- Declaración de zonas costeras protegidas con categorías restrictivas de uso
- Desarrollo de la regeneración de las playas sobre la base de "soluciones blandas"
- Desarrollo de la acuicultura

3 Medidas sobre los recursos hídricos y el sistema hidráulico

- Ajuste de los parámetros de diseño de las obras hidráulicas
- Gestión integrada del agua con enfoque ecosistémico
- Incremento de la protección de los recursos hídricos
- Rescate de prácticas tradicionales

4 Medidas para la protección y conservación de la diversidad biológica

- Establecer medidas de conservación de especies, hábitats y ecosistemas
- Rehabilitación ecosistémica
- Manejo y uso de bienes y servicios de la diversidad biológica

5 Medidas en el sector agropecuario

- Obtención de nuevas variedades de especies agrícolas
- Modificación de la superficie de cultivos
- Cambios estructurales y constructivos en la actividad ganadera

6 Medidas de ordenamiento territorial

- Protección y control de asentamientos humanos
- Cambios en el uso de la tierra
- Recuperar la agro-productividad de los suelos
- Adaptación de cultivos en el oriente del país
- Medidas aplicables en el sector energético
- Incremento del uso de fuentes renovables de energía

7 Medidas en el sector turístico

- Disminución del efecto de temperaturas sofocantes
- Implementar en las instalaciones turísticas el uso de fuentes renovables de energía

Esta relación de medidas demuestra el conocimiento existente sobre las necesidades de adaptación en el país. En lista existen medidas con distintos niveles de implementación, desarrollo y grado de conocimiento, con lo que también se refleja la necesidad de organizar mejor los procesos de adaptación. Entre estas medidas se observan:

- Medidas concretas que se implementan en el país, algunas de éstas con el debido sustento del conocimiento sobre el cambio climático en Cuba, y otras basadas en las tendencias generales descritas para el futuro o la experiencia internacional.
- Medidas bien fundamentadas que aún no se han implementado.
- Medidas solamente enunciativas.

Muchas de las medidas que se implementan en Cuba, sobre todo las relacionadas con la diversidad biológica, los ecosistemas marino-costeros, el ordenamiento territorial y el sector agropecuario, fueron elaboradas teniendo en cuenta los elementos metodológicos que se presentan en este trabajo. Pero, en el contexto de la Tarea Vida, también se han definido un conjunto de medidas que no son resultados de evaluaciones sobre los impactos del cambio climático en los sectores y que tampoco son fruto de un análisis sistémico fruto del uso de una metodología científicamente argumentada.

Es posible dictar pautas generales y específicas para el establecimiento de una metodología de trabajo para la adaptación, integrada por:

- 1 Análisis del estado del sistema y sus relaciones
- 2 Determinación y caracterización de una línea base
- 3 Estimación de escenarios futuros
- 4 Estimación de impactos del cambio climático
- 5 Proceso de análisis de las medidas de adaptación
- 6 Implementación de las medidas de adaptación
- 7 Monitoreo y evaluación de la adaptación

Estos requerimientos están ampliamente estudiados en Cuba; pero, principalmente, a nivel de proyectos y resultados científicos. No todas las acciones nacionales, territoriales, sectoriales y medio ambientales relacionadas con el cambio climático y, por consiguiente, las medidas de adaptación que se implementan o planifican en el país, han considerado de manera específica estos elementos básicos de la adaptación. Para que una estrategia de adaptación y sus medidas cumplan

con sus objetivos, hay que desarrollar los mencionados requerimientos. Esto implica que las instituciones deben disponer de financiamiento para ampliar las capacidades científicas y técnicas para ello o para contratar estudios que adecuen los requerimientos señalados a sus actividades específicas.

Existen tres vacíos importantes en las medidas de adaptación que se vienen trabajando en Cuba, relacionados con:

● **Los plazos de la adaptación:**

Muchas de las medidas propuestas o implementadas están claramente definidas para el corto plazo, pero sin un análisis sobre su sostenibilidad temporal, debido a que no han considerado los escenarios climáticos estimados para el país. Al mismo tiempo, son pocas las proyecciones a mediano y largo plazos basadas en el futuro climático determinado.

● **Escenario socio-económico de referencia:**

no existen definidos escenarios futuros de país y sectoriales para los cuales se proponen las medidas.

● **Los tipos de medidas:**

prevalecen las medidas de tipo general y no específicas. De esta forma, no es posible establecer si se trata de una medida de adecuación o una nueva medida, y con ello, determinar acciones de la manera como se ejemplifica en el cuadro siguiente.

¿Qué se requiere para aplicar una medida de adaptación?

Una medida genérica de adaptación incluida en el listado anterior, fruto de la 2CN, es: **“Ajuste de los parámetros de diseño de las obras hidráulicas”**.

Pero ¿Bajo cuál escenario sectorial se ajustarán los parámetros? ¿Cómo ajustar los parámetros? ¿Qué significa esto para la adaptación?

Para ello se requiere, esencialmente:

- Los escenarios climáticos e hidrológicos a nivel de localidad
- Reanalizar específicamente la hidrología de cada obra para determinar los nuevos parámetros medios y extremos
- Determinar los nuevos parámetros de diseño: dimensionamiento de los embalses; de las obras de entrega de agua y de conducción de gastos máximos.
- Rehacer la hidroeconomía de los embalses

Adicionalmente es imprescindible tener nuevas normas técnicas que establezcan las herramientas de cálculo y los límites de los parámetros de diseño.

Debe profundizarse en las estrategias de adaptación para que las medidas que se adopten se fundamenten en la ciencia constituida en Cuba. Es importante decir que, desde el punto de vista teórico, es fácil formular lineamientos de adaptación como medidas e incluso implementar, con relativo éxito, medidas de adaptación, basado en un conocimiento universal. Uno de los desafíos está en diseñar específica y técnicamente las medidas.

PLAZOS PARA LA ADAPTACIÓN

El nivel de incertidumbre de los escenarios climáticos en plazos superiores a diez años es elevado; razón por la cual es difícil comprometer a futuro recursos en determinadas inversiones o decisiones. Sin embargo, la incertidumbre sobre los mencionados escenarios no impide establecer una estrategia de adaptación e, incluso, implementar medidas basadas en tales proyecciones. La adaptación es un compromiso con el futuro, que debe asumirse con la total responsabilidad que implica el hecho indefectible del cambio climático y las profundas transformaciones que con él se producirán. Con una estrategia adecuada, es posible atemperar la propia estrategia, y sus medidas, a los cambios que irán ocurriendo. No prever con tiempo limitaría la acción oportuna, lo que puede conducir a daños irreversibles.

Los estudios relacionados con la adaptación al cambio climático establecen términos de tiempo para la implementación de las medidas que se requieran para garantizar el funcionamiento de los ecosistemas naturales y humanos bajo las nuevas condiciones climáticas. Estos términos de tiempo se definen en corto, mediano y largo plazos. Pero la duración de estos plazos depende de varios factores, entre ellos, la actividad de la que se trate y el objetivo que se persiga. Para los estudios relacionados con el cambio climático y sus impactos, el IPCC (2007) considera que el corto plazo oscila entre 2 y 5 años, el mediano entre 5 y 30 años y el largo plazo más de 30 años, aunque al referirse a este último término, lo sitúa en los años 2050 y 2100⁴.

⁴ En la ciencia del cambio climático, cuando se refiere a un escenario para un año específico, no se trata del estado del clima en ese año particular, sino de una representación del comportamiento promedio de las variables climáticas para un período de 30 años, del cual el año mencionado es el año central. Es decir, un escenario descrito para el 2050 corresponde al clima representativo del período 2035-2065.

Para la adaptación, estos plazos varían dependiendo de las características del sector o ecosistema para el que se elaboran las medidas, de las interacciones entre ecosistemas y sectores, del tipo de medida, de la variabilidad climática y del conocimiento existente sobre el clima futuro; entre otros factores que individualmente puedan determinarse. Los plazos para la adaptación al cambio climático requieren de una meticulosa evaluación, dependiente de las especificidades del problema que se analice; aunque como planteamiento general e inicial, se pueden asumir los plazos indicados por el IPCC.

El nivel de conocimientos, informaciones y datos existentes en Cuba, útiles para la gestión de la adaptación, dan la posibilidad de determinar los peligros e impactos consecuencia del comportamiento del clima y las vulnerabilidades ante la variabilidad climática, como línea base para precisar los impactos del cambio climático. Mientras que los escenarios del futuro desarrollados sobre el clima y el nivel del mar, permiten evaluar los impactos del cambio climático y el establecimiento de medidas de adaptación para un período cualquiera desde el presente hasta el 2100. Por tanto, el horizonte temporal de los escenarios climáticos que se empleen para la adaptación pueden ajustarse a la vida útil de proyectos, inversiones y decisiones; de acuerdo con las especificidades del tema que se aborde.

Es importante conceptualizar adecuadamente la adaptación, como un proceso de decisiones basado en la correcta interpretación del estado de los ecosistemas, los impactos del cambio climático y las transformaciones que se están produciendo y que ocurrirán progresivamente. Y, sobre esta base, analizar los plazos para la adaptación. A continuación, se presentan tres visiones de este problema:

1) Planos (2019) realizó una conceptualización general de los plazos para las medidas de adaptación (Figura 1), exponiendo que:

“...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 años de proyección futura, y las que se proyecten con un alcance de mediano y largo plazos, tienen un carácter estratégico”. Así, “...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”.*

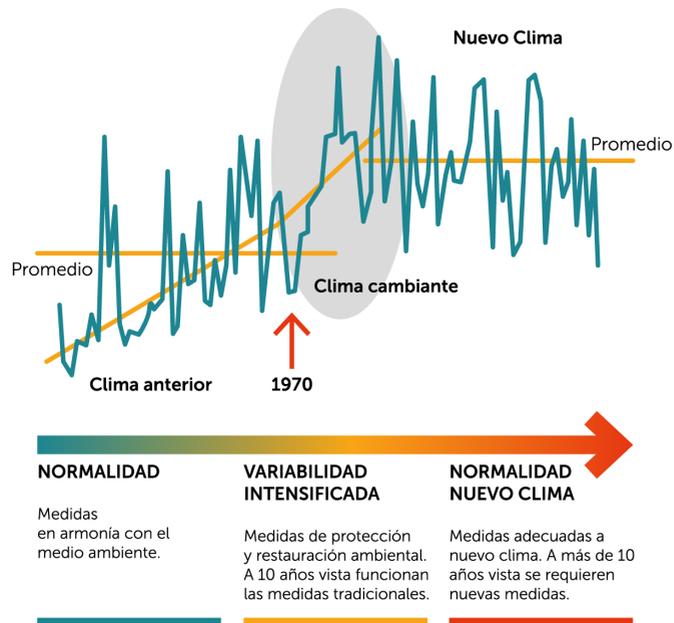


Figura 1. Esquema de los plazos para la adaptación y tipo de medidas de adaptación | Planos, 2019

2) Stafford et al (2016) también abordaron los plazos de la adaptación, pero con un enfoque que toma en consideración la divergencia de los probables futuros estimados para plazos medio y largo (Figura 2). Estos autores señalan que la respuesta de adaptación puede tomar una de tres formas:

- a) Las que se adoptan cualquiera que sea la incertidumbre del cambio proyectado y que están sujetas a una relación beneficio-costos positiva;
- b) las que se adoptan dependiendo de la incertidumbre del problema, tratando de cubrir toda la magnitud de los impactos y
- c) las que toman en cuenta diferentes escenarios futuros y que tienen un carácter alternativo en el sentido de que se mantienen hasta que sea necesario cambiarlas.

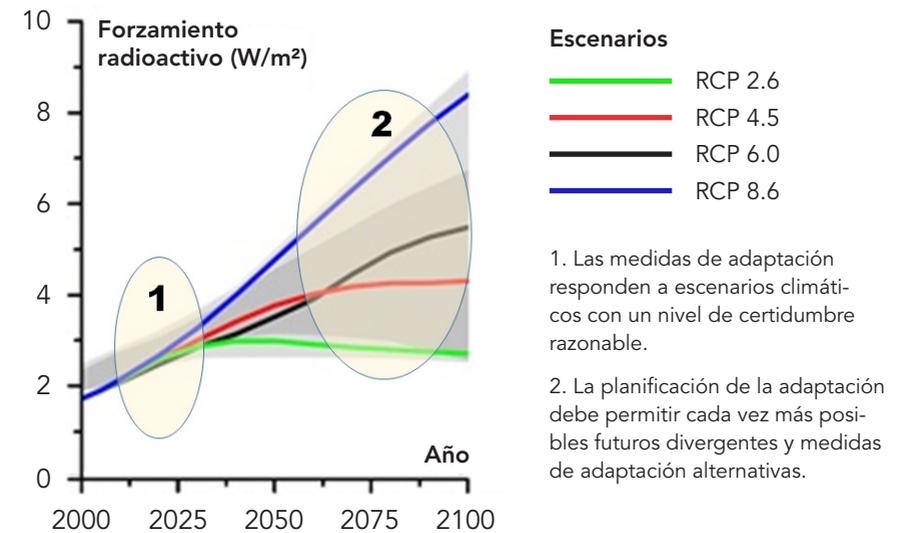


Figura 2. La adaptación según la divergencia de los escenarios climáticos del futuro | Stafford et al, 2016

3) La "adaptación incremental" y la "adaptación transformacional" (Stafford et al, 2016; Bustos, 2016 y Universidad de Chile, 2020).

La "adaptación incremental" se refiere a medidas que permiten que se continúen cumpliendo los objetivos del presente, pero bajo condiciones cambiantes. Por lo general, estas son medidas para el corto plazo y que pueden extenderse con la debida cautela al mediano plazo, dependiendo del comportamiento del clima, los impactos que se van produciendo y el grado de divergencia de los escenarios climáticos (Figura 2). Dos ejemplos de este tipo de medida son:

- a) La adaptación en los cultivos de ciclo corto, en los que se pueden ir ajustando las fechas de siembra y cosecha y mantenerlos

mientras que los rendimientos sean aceptables y la relación costo beneficio sea favorable y

- b** la satisfacción de la demanda de agua, que igualmente se puede ir ajustando en dependencia de la disponibilidad.

La “*adaptación transformacional*” son cambios profundos en cualquier ecosistema, y pueden ser radicales. Habitualmente, este tipo de proceso está vinculado con los plazos medianos y largos. Requiere de profundos análisis integrados y de la existencia de mecanismos de verificación. Pero también es aplicable en el corto plazo, cuando se trata de una medida útil, que reduzca vulnerabilidades, incremente la eficiencia de los procesos y reduzca los riesgos del impacto del cambio climático. Un buen ejemplo es la “Revolución energética” llevada a cabo en la década del 90 en el país.

Desde el punto de vista práctico, estas consideraciones sobre los plazos de la adaptación y el carácter de las medidas que a éstos se asocian, establecen una base para la planificación del tipo de medidas dentro de plazos temporalmente identificados y evaluar y planificar los esfuerzos necesarios para cada tipo de medida. Otra conclusión aplicada que se deriva de cualquiera de estas visiones, u otras que existen, es que el principal problema para las decisiones en plazos de tiempo prolongados, es determinar cuándo y con qué seguridad se pueden hacer cambios que representan transformaciones significativas o totales respecto a lo existente y cómo manejar la incertidumbre; sobre lo cual tratará más adelante.

Hasta aquí han sido definidas dos tipos de medidas de adaptación, las que dependen de lo que se debe hacer (medidas de adecuación y nuevas medidas) y las sujetas a los plazos de adaptación (incrementales y transformacionales). Ambas clasificaciones son similares, pero descritas, las primeras en función de un objetivo específico, y, las segundas, de la sostenibilidad en el tiempo. Las dos tienen un alto valor concep-

tual, práctico y organizativo, necesario para avanzar con el proceso de la adaptación y para valorar el esfuerzo y el costo de la adaptación.

En el caso cubano, se han estado formulando medidas de adaptación, con limitaciones ya expuestas, y carentes de este tipo de clasificación de las medidas. Para todas las escalas territoriales de aplicación es muy conveniente conocer cuántas de las acciones que existen solo requieren de ajustes, cuantas nuevas medidas son necesarias implementar y como planificarlas en función de su sostenibilidad en el tiempo.

SISTEMA DE MONITOREO Y EVALUACIÓN⁵

Contar con un sistema de monitoreo y evaluación de los impactos del cambio climático y la adaptación (M&E), es otro de los retos planteados a escala internacional. Y para esto son importantes los indicadores. Existen diversos sistemas de indicadores, y cualquiera de ellos puede adecuarse a la problemática del cambio climático. Al mismo tiempo, los sistemas climáticos, hidrológicos y oceanográficos de monitoreo, vigilancia y alerta deben integrarse en el M&E, por la información continua que éstos ofrecen sobre el comportamiento del clima y sus impactos. La meta es crear el M&E.

El objetivo de un sistema de monitoreo y evaluación es obtener informaciones y datos para determinar un conjunto de indicadores útiles para trazar los avances en la adaptación al cambio climático, y para informar procesos continuos de planificación. El sistema debe balancear tres necesidades generales: **a** asegurar la estabilidad del conjunto de indicadores para permitir la comparabilidad en el tiempo; **b** mantener un número manejable de indicadores y **c** permitir

⁵ Tomado de Planos, E. 2020. Cambio climático y gestión de la adaptación. Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial. Volumen IV No 3. P322-333. Disponible en: <https://apye.esceg.cu/index.php/apye/article/view/142>

la flexibilidad necesaria para responder a cambios en las prioridades (OECD, 2015)⁶.

En relación con lo anterior, el Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo (IIED, 2015) señaló *“...es posible que ya se esté recabando información sobre el bienestar y las amenazas climáticas mediante los sistemas gubernamentales y agencias meteorológicas ya existentes. Los principales desafíos a la hora de establecer un M&E son: (i) identificar los indicadores de resiliencia relevantes al contexto y en la escala apropiada; (ii) relacionarlos con los indicadores del bienestar que se pueden encontrar en diferentes escalas a largo plazo; y (iii) usar datos sobre el clima para interpretar los indicadores del bienestar en un contexto de cambios y variaciones climáticas”*.

En el caso de Cuba, la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) colecta una cantidad importante de informaciones y datos útiles para las necesidades de evaluaciones que impone el cambio climático. Pero, la experiencia en la preparación de las comunicaciones nacionales de Cuba a la CMNUCC ha demostrado que, no obstante lo anterior, los datos e informaciones no están contextualizados bajo el enfoque de cambio climático y existe carencia de otros necesarios. En este sentido, es también conveniente establecer arreglos institucionales que formalice el flujo de datos e informaciones relacionada con el cambio climático.

INDICADORES

Los indicadores deben demostrar la pertinencia, sostenibilidad, eficiencia y eficacia de las medidas de adaptación y su interacción con el entorno.

Para evaluar los impactos del cambio climático y la eficiencia de la adaptación en todas las escalas temporales y espaciales para las

cuales se hacen los análisis, desde lo nacional hasta lo local y desde la formulación de medidas marco hasta medidas específicas, es fundamental contar con indicadores. Los indicadores son expresiones, generalmente cuantitativas, utilizadas para ilustrar y comunicar fenómenos complejos de una manera simple, incluyendo patrones y avances en el tiempo, y que entregan información respecto al estado del sistema evaluado⁷.

Existe una gran diversidad y cantidad de indicadores, los cuales pueden ser incluidos en los sistemas de monitoreo del cambio climático, aunque se requiere en unos casos reformularlos y en otros redefinir los límites para los parámetros que reflejan. Del mismo modo, se necesitan nuevos indicadores, sobre todo cuando se trata de medidas específicas. Por ejemplo, una medida de adaptación sectorial, consistente en *“la rehabilitación y renovación de las redes de acueductos para reducir las pérdidas y contrarrestar el déficit de recursos de agua disponible”* pudiera tener, como uno de sus indicadores de efectividad, la cuantificación de la reducción de las entregas en las fuentes, la mejora del abasto a usuarios con servicios antes deficientes o la creación de nuevos abastos.

Lo importante es que los indicadores sean capaces de mostrar la efectividad de las medidas en relación con la evolución de los impactos del clima. Hay varias clasificaciones de indicadores, pero para la adaptación pueden agruparse en Indicadores de proceso e Indicadores de resultados, y éstos, basado en una publicación de AdaptChile (2016), pueden definirse del modo siguiente:

- **Indicadores de proceso:** —————
diseñados para medir los avances en la implementación de medidas de adaptación y su nivel de integración en las estrategias de

⁶ Tomado de AdapChile. *Resiliencia al Cambio Global* (2016)

⁷ Generalización del concepto de indicadores definido por la Agencia de Medio Ambiente de la Unión Europea (EEU, 2005)

desarrollo. Estos indicadores son útiles donde recientemente se han adoptado estrategias y medidas de adaptación, y se carece información respecto a los impactos de las acciones tomadas, son un buen punto de partida para medir el progreso de los procesos de adaptación.

Ejemplos de indicadores de procesos son: % de cumplimiento estudios de PVR por sector y municipios; % de localidades con estudios de vulnerabilidad e impactos del cambio climático; número de políticas públicas, planes, estrategias, leyes, estatutos, regulaciones, normas y otros, que sirven para facilitar y guiar acciones de adaptación en materia de cambio climático que se encuentran vigentes.

● Indicadores de resultado:

para medir la efectividad en el largo plazo de las estrategias y medidas de adaptación, su sostenibilidad y capacidad de efectuar los cambios deseados. Estos indicadores van asociados a medidas concretas, y buscan medir si se han logrado los objetivos de adaptación propuestos.

La mayoría de los indicadores que existen a nivel internacional para evaluar la adaptación son enfocados, en una escala macro, 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.

Un aspecto que debe ser tenido en cuenta, a nivel de país, es que del mismo modo que existen indicadores específicos para cada medida de adaptación, exclusivas para un ecosistema o sector particular, deben existir indicadores nacionales que midan el grado de transectorialidad y de integración de las medidas de adaptación, en evitación de una mala adaptación, como consecuencia de impactos negativos en otras áreas, y también para evitar la duplicación de esfuerzos para un mismo fin. Para lo cual es necesario, como parte de un sistema de monitoreo

y evaluación, contar con arreglos institucionales formalmente establecidos, para construir un sistema de indicadores escalonados e integrados.

Indicadores a escala local

Desarrollar indicadores para las medidas de adaptación en la escala local es indispensable, porque la adaptación ocurre a ese nivel. En tal sentido, el proyecto BASAL⁸ ha dejado una magnífica experiencia, teórica y práctica. Por ejemplo, en su intervención en Güira de Melena estableció lo siguiente (Martínez et al, 2020):

- Indicadores concretos de la reducción de la vulnerabilidad, de interés para los tomadores de decisión, productores y decisores municipales.

Deben existir indicadores para cada medida de adaptación. Indicadores como cambios en los rendimientos de los cultivos debido al uso de nuevas variedades y pérdidas de producción evitadas frente a un evento meteorológico extremo, son relevantes desde la perspectiva de un productor. Y, desde el rol de un decisor municipal, indicadores de interés pueden ser: tendencia en la productividad de las fincas/familia, la relación costo/beneficio por medida implementada y el número de productores que aplican la medida y de áreas donde la aplican.

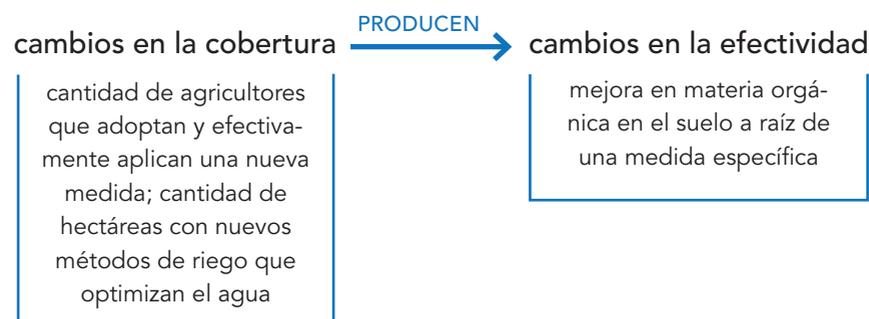
- Combinación de indicadores de proceso y de efecto/impacto.

El uso de indicadores de proceso permite a los actores elegir actividades de adaptación apropiadas, flexibles y más fáciles de implementar. Los indicadores de efecto e impacto son más difíciles de medir y, aunque con ellos se corre el riesgo de ser demasiado prescriptivo de las opciones de adaptación, son más fáciles para comparar y agregar, aspecto importante al momento de vincular con objetivos y metas de

⁸ BASAL: Bases Ambientales Sostenibles para la Alimentación. Proyecto internacional implementado por Cuba/PNUD/Unión Europea/Cosude

políticas (Climate-EvalCommunity of Practice, 2015).

- Interrelacionar indicadores



La experiencia de BASAL confirma la utilidad de:

- establecer indicadores que reflejen resultados “lo más cercanos posible” a la cadena de producción o la hipótesis de resultados esperados para cada medida de adaptación. Así es factible atribuir de manera más objetiva los cambios debidos a la aplicación de una medida específica. Es más difícil medir eficiencias globales de un sistema de riego o la productividad del agua, que constatar cambios en los volúmenes aplicados de agua a nivel de parcela, por la aplicación del método de riego por pulso (BASAL, 2016).
- asegurar un vínculo entre los indicadores y la medición a nivel de proyecto con el sistema de información ambiental y de producción, nacional y local existente.

En el Anexo I se relacionan una selección de indicadores utilizados en la práctica internacional y en Anexo II algunos de los indicadores nacionales que están siendo contemplados en la Tarea Vida. Los indicadores internacionales se presentan como una referencia del tratamiento del tema a nivel mundial.

En el caso de los indicadores elegidos para Cuba, en los cuatro sectores ejemplificados (agua, alimentos y turismo) es necesario hacer algunas acotaciones:

- 1 Primero, está claro que existe un pensamiento sobre los impactos del cambio climático y una estrategia de adaptación que resulta satisfactoria para enfrentar el corto plazo.

Sin embargo, para acometer las acciones necesarias para los plazos mediano y largo:

- 2 Los indicadores deben responder a medidas de adaptación enmarcadas por escenarios de impactos futuros de referencia.
- 3 Deben ser organizados con un enfoque que responda a una metodología⁹ de análisis de los impactos del cambio climático; y tipificarlos, al menos de manera general, en indicadores de procesos y de resultados. De la forma que están presentados parece un listado que responde a tareas que existen y no resultado de un análisis de los impactos del cambio climático. La tipificación y sistematización de las medidas de adaptación y sus indicadores fortalece el establecimiento de una estrategia de adaptación coherente, sin vacíos y barreras, y la determinación de las necesidades.
- 4 No todos los indicadores reflejan actividades debidamente evaluadas desde el punto de vista del impacto del cambio climático con el conocimiento nacional.
- 5 Para cada indicador debe existir un procedimiento técnico para obtener los datos y las informaciones que se requieren.
- 6 Son necesarios indicadores de interrelación a nivel específico, a escala de ecosistema y de país.

⁹ Este trabajo presentará una metodología de análisis de los impactos del cambio climático y para el establecimiento de medidas de adaptación

Herramientas indispensables

En este acápite se exponen un grupo de herramientas de uso indispensable para que la estrategia de adaptación y las medidas que se implementen tengan un sólido fundamento científico. Se describen de manera general las herramientas disponibles en el país, así como se referencian ausencias importantes que existen.

ESCENARIOS

La manera más apropiada para determinar los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación, es la basada en los escenarios del comportamiento futuro de las variables del sistema climático, principalmente las climáticas, hidrológicas y oceanográficas.

Escenarios climáticos

Los escenarios climáticos son la principal herramienta disponible para la determinación de los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación. Sin embargo, no se utilizan suficientemente y las estrategias de adaptación que se plantean se fundamentan en preceptos generales, como, por ejemplo, *“la temperatura del aire aumentará o la precipitación disminuirá”*.

Son muy pocos los proyectos realizados, incluso en el Programa Nacional de Ciencia sobre Cambio Climático, que basan sus resultados

en este riguroso y detallado conocimiento disponible en el país. Esta es una barrera que debe ser totalmente eliminada.

En el país se ha desarrollado un alto nivel de experticia en la modelación del clima, particularmente del clima futuro; actividad que se viene realizando ininterrumpidamente desde finales de la década del 90 en el Instituto de Meteorología. El grupo de modelación de escenarios climáticos del mencionado Instituto es uno de los líderes en esta temática en la región del Caribe y tiene también la responsabilidad de desarrollar los escenarios climáticos para dicha región, lo cual hace en estrecha colaboración con el Centro de la Comunidad del Caribe para el Cambio Climático (CCCCC).

El mapa de la Figura 3 muestra la rejilla de 25 km de resolución espacial, para la cual se han estimado los más recientes escenarios climáticos del futuro para Cuba (Bezanilla, 2016). Una resolución de 25 km representa que el país está dividido en porciones de 635 km². Para cada una de estas áreas existen modelados datos diarios, desde 1961 al 2100, de más de 200 variables climáticas, hidrológicas y oceanográficas. La Tabla 2 contiene las variables más usadas que, junto con otras, están disponibles como resultado de la modelación del clima futuro.

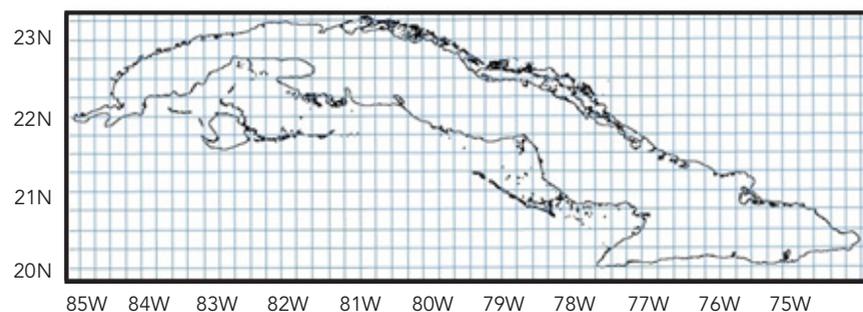


Figura 3. Rejilla de 25 km de resolución utilizada para la modelación climática en Cuba | Bezanilla, 2016

Tabla 2. VARIABLES MÁS UTILIZADAS DISPONIBLES COMO RESULTADO DE LA MODELACIÓN CLIMÁTICA

Velocidad del viento a 10 m
Temperatura superficial del aire a 1.5 m
Humedad específica
Humedad relativa
Tasa de evaporación desde el suelo
Tasa de evapotranspiración
Tasa de evaporación potencial
Precipitación
Escorrentamiento superficial y subterráneo
Presión atmosférica a nivel del mar

Escenarios de ascenso del nivel medio del mar

Actualmente se cuenta con escenarios del ascenso del nivel medio del mar en 65 puntos de la costa del archipiélago cubano (Figuras 4 y 5 y Tablas 3, 4, 5 y 6), desarrollados en el Instituto de Meteorología (Pérez-Parrado, 2019).

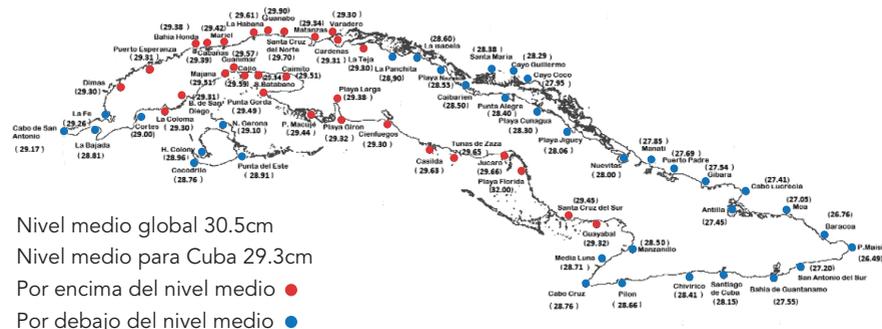


Figura 4. Ascenso del nivel del mar para 65 localidades costeras en el año 2050 | Pérez-Parrado, 2019

Tabla 3. AUMENTO PROMEDIO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR (EN CM) RESPECTO A 1990 EN LAS COSTAS DE CUBA EN EL PERÍODO 2030-2100 | Pérez-Parrado, 2019

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

Tabla 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 | Fuente: Pérez-Parrado, 2019

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 Jigüey	28,0	94,6
La Habana	29,6	98,4	Nuevitás	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	89,9
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			

Tabla 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 | Fuente: Pérez-Parrado, 2019

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 de 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

Tabla 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. | Fuente: Pérez-Parrado, 2019

Localidad	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

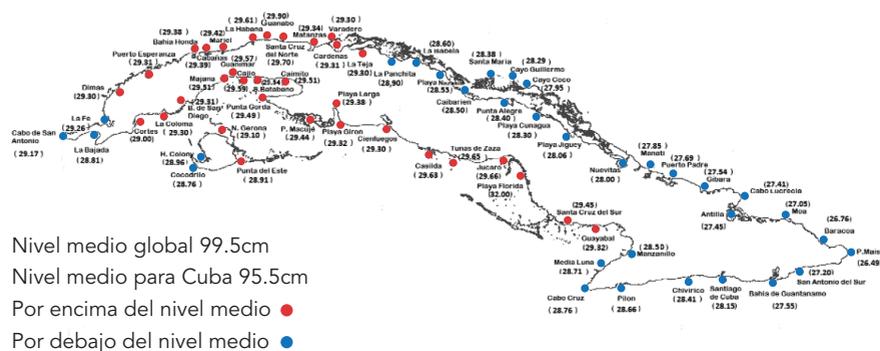


Figura 5. Ascenso del nivel del mar para 65 localidades costeras en el año 2100 | Pérez-Parrado, 2019

A diferencia de los climáticos, estos escenarios han sido utilizados ampliamente con fines aplicados y para la elaboración de medidas de adaptación generales y específicas, propuestas en marco del proyecto “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana asociados al ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100”, con un enfoque integrador de todos los posibles impactos de este fenómeno en los ecosistemas costeros naturales y humanos. Este proyecto, conocido como “Macroproyecto”, ofrece una serie de resultados proyectados al 2050 y 2100, en forma de datos, mapas y análisis, que también forman parte de las herramientas disponibles en Cuba para el proceso de decisiones sobre la adaptación al cambio climático.

Los principales resultados que se pueden obtener de este proyecto son: áreas que quedarán permanentemente inundadas por ascenso del nivel del mar; intrusión salina en acuíferos costeros; afectación a ecosistemas costeros; afectación a crestas arrecifales y afectación a asentamientos humanos costeros.

Escenarios hidrológicos

Un vacío importante para el establecimiento de una estrategia de adaptación más coherente e integral, es la no existencia de escenarios hidrológicos que estén basados en los escenarios climáticos y de ascenso del nivel del mar disponibles

Con el nivel de resolución de datos climáticos modelados es posible desarrollar escenarios hidrológicos, incluso de mayor resolución, lograda a través de la reducción de escala por métodos estadísticos e hidrológicos. Con ellos también se tendría una caracterización de la distribución espacial y temporal de las variables hidrológicas y de la disponibilidad de los recursos hídricos para todo el país hasta la escala de cuencas; lográndose un nivel de información inapreciable para el estudio de los impactos del cambio climático y la adopción de medidas de adaptación, no solo en el campo de los recursos hídricos sino también para todos los sectores.

A modo de ejemplo, en la Figura 6 se muestra un análisis hecho para la Isla de la Juventud (Planos et al, 2018) que permitió obtener escenarios hidrológicos para los años 2030, 2050 y 2100. Solo se muestra el resultado relacionado con la lámina de escurrimiento, pero este análisis se realizó para todas las variables del ciclo hidrológico.



Figura 6. Distribución espacial de la lámina de escurrimiento (mm) período anual en la línea base 1986-2005 y en los años 2030, 2050 y 2070 de los escenarios RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5.

MODELOS BIOFÍSICOS

La experiencia cubana en el estudio de los impactos del cambio climático en la agricultura, ha desarrollado la aplicación de modelos biofísicos para simular el comportamiento de los cultivares bajo los escenarios de cambio climático proyectados para el país. El modelo más utilizado en estas evaluaciones ha sido el "WOFOST", un modelo ampliamente empleado en Europa para el pronóstico de la producción agrícola (Rivero, 2008) y más recientemente se ha introducido el uso de la plataforma BioMas (Vázquez, 2019).

Con el uso de la modelación biofísica ha sido posible calibrar los modelos internacionales adquiridos a las condiciones cubanas, y disponer de la tecnología y metodología para su empleo. Esta es otra herramienta disponible para estudiar los impactos del cambio climático y dar un mejor fundamento a las medidas de adaptación en el sector agropecuario. La modelación biofísica del impacto del cambio climático ha sido aplicada en Cuba para los cultivos de arroz, papa y tabaco.

La Figura 7 es un ejemplo de la modelación con el modelo WARM, de la plataforma BioMas, del rendimiento del arroz en el municipio Los Palacios, en Pinar del Río. Con independencia del nivel de incertidumbre que se aprecia en las magnitudes de rendimiento obtenido con cada escenario, en todos los casos se refleja una tendencia a la disminución (Vázquez et al, 2019).

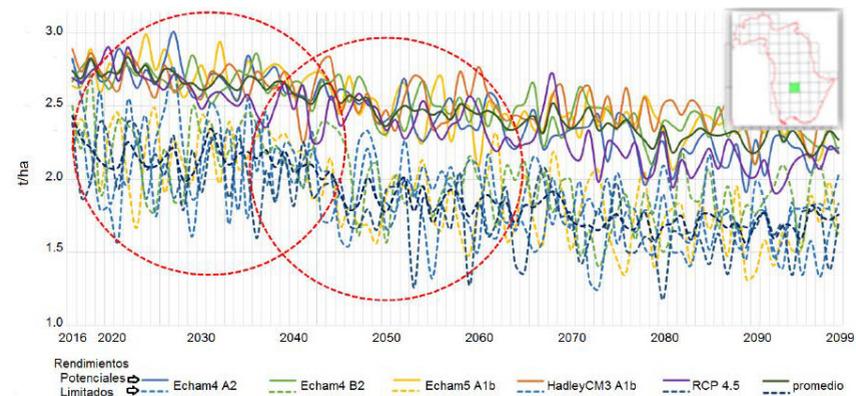


Figura 7. Rendimientos potenciales (P) y limitados (L) del arroz (variedad INCA LP5). Siembra de frío. Modelo WAREM de la plataforma BioMas

SISTEMAS DE VIGILANCIA

La cobertura de observación de variables climáticas, hidrológica y del nivel del mar que existe en el país, combinada con la resolución de 25 km de la modelación climática, potencian considerablemente las posibilidades de la caracterización del impacto clima del futuro, a una escala más detallada de la obtenida con los escenarios climáticos modelados

En el país existen tres redes básicas para la observación de variables del sistema climático; estas son: red de estaciones meteorológicas del Instituto de Meteorología, red de estaciones pluviométricas y red de estaciones hidrológicas (superficiales y subterráneas) del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y red de estaciones mareográficas de Geocuba (Figuras 8, 9 y 10). En las estaciones de estas redes existen observaciones diarias continuas de más de 50 años, incluso de más de 100 en el caso de la precipitación, que se encuentran digitalizadas y soportadas en diferentes softwares. También existen redes especiales, seleccionadas entre las anteriores, que forman parte de sistemas de alerta temprana que funcionan en el país.

Estas redes son imprescindibles para el estudio del cambio climático y para la elaboración de medidas de adaptación. Las observaciones y los datos se usan actualmente para caracterizaciones, estudios aplicados, la vigilancia climática, hidrológica y oceanográfica, son esenciales para la elaboración de las líneas base utilizadas como referencia en los trabajos de impacto del cambio climático y para la calibración de los modelos climáticos y del nivel del mar.

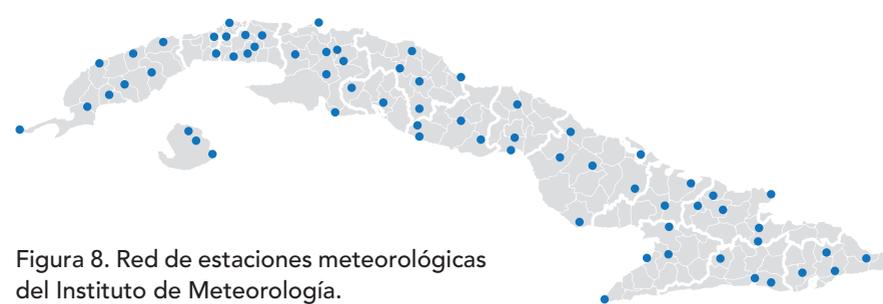


Figura 8. Red de estaciones meteorológicas del Instituto de Meteorología.

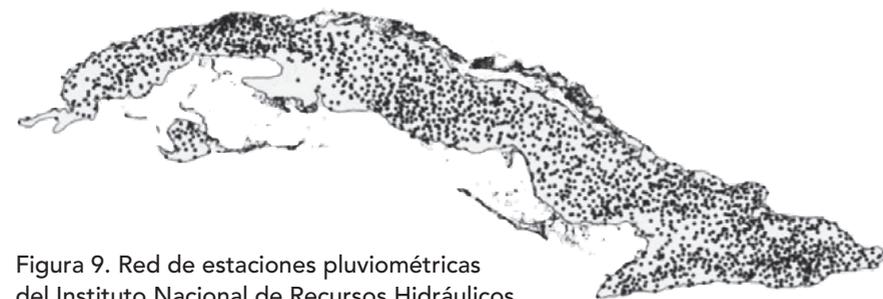


Figura 9. Red de estaciones pluviométricas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos



Figura 10. Red de estaciones mareográficas de Geocuba

Los sistemas de observación ofrecen además otras posibilidades que deben ser fortalecidas como parte del enfrentamiento al cambio climático:

- Con la combinación de los resultados de la modelación climática y las observaciones existentes es posible desarrollar escenarios a nivel de recursos naturales y de ecosistemas, que permitirán precisar los impactos del cambio climático hasta la escala local, y consecuentemente medidas de adaptación en función áreas específicas. Muestra de esto es el ejemplo presentado sobre la Isla de la Juventud, en el acápite de escenarios hidrológicos.
- Las observaciones también permiten mantener un control de las tendencias, como vía para comprobar hacia cuál de los futuros proyectados se mueven las variables climáticas y, en general el clima, cuando se hace un análisis integrado.

El ejemplo de la Figura 11 representa la tendencia de la temperatura media del aire en la Isla de la Juventud y las tendencias modeladas hasta el año 2100 para los escenarios RCP 2.6, 4.5 y 8.5. Realizando un análisis simplificado de esta figura, en la tendencia de las observaciones reales se aprecia el incremento de esta variable en la Isla, siguiendo el escenario RCP 8.5. El uso periódico de herramientas de

este tipo, posibilita obtener un juicio de experto que reduce la incertidumbre de las proyecciones climáticas. Por supuesto que el análisis no es tan simple.

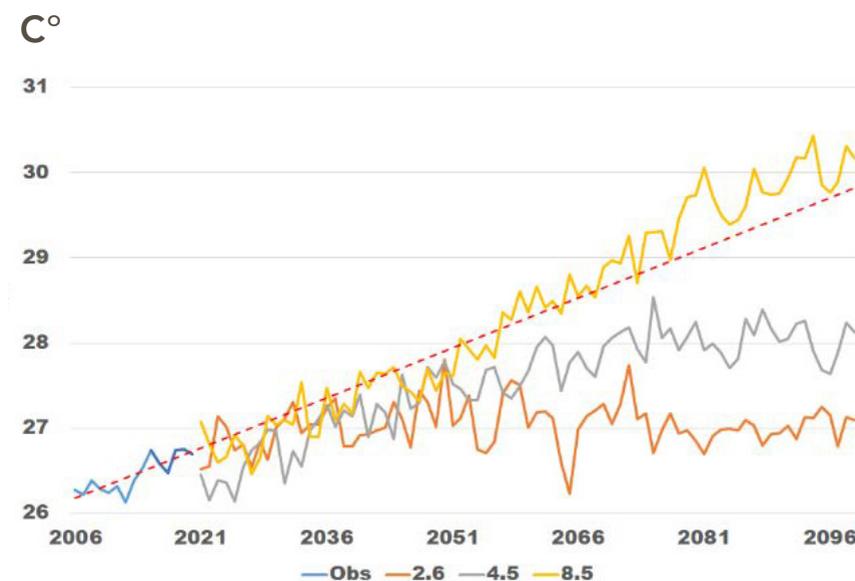


Figura 11. Tendencias de la temperatura del aire en la Isla de la Juventud: temperatura observada y temperatura escenarios RCP 2.6, 4.5 y 8.5

Los sistemas de vigilancia climática, hidrológica y oceanográfica existentes deben incorporar la dimensión del cambio climático, desarrollando sistemas de análisis, monitoreo y verificación de los escenarios futuros proyectados. Para lo anterior se requiere diseñar redes especiales y fortalecer su desarrollo.

Ciencia constituida

No puede haber una estrategia de adaptación al cambio climático si no se construye sobre la base del conocimiento existente sobre el clima futuro

En Cuba existen un conjunto de resultados significativos, tanto por sus aportes específicos en los temas que abordan como por su valor metodológico. A continuación, se resumen las temáticas principales en las que existen contribuciones indispensables para la adaptación al cambio climático y se sintetizan los resultados que se pueden considerar marco por su carácter metodológico y transversal. En todos los casos, estos resultados se basaron en los escenarios climáticos estimados por los científicos cubanos; lo cual es un principio básico para el estudio de los impactos del cambio climático.

TEMÁTICAS CON RESULTADOS RELEVANTES PARA LA ADAPTACIÓN

Los resultados correspondientes a las temáticas que a continuación se relacionan, están disponibles en la institución responsable del resultado, en la Agencia de Medio Ambiente y, la mayoría, en las multimedias relacionadas con: Programa Nacional de Ciencia "Los cambios globales y la evolución del medio ambiente cubano"; Programa Ramal "Análisis y pronóstico del tiempo y el clima terrestre y espacial";

“Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba”; “Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático” y “Aportes del PNCT Impactos del cambio climático en Cuba: Impactos, Adaptación y Mitigación”.

Sector agropecuario

- Modelación biofísica de la caña de azúcar, la papa, el arroz, el café y el tabaco
- Impactos y medidas de adaptación en la papa, el arroz, el tabaco, el café, frutales, granos y cultivos varios
- Impactos y medidas de adaptación en la ganadería porcina y pecuaria
- Impactos y medidas de adaptación en los pastos
- Impactos y medidas de adaptación en los bosques
- Impactos en el comportamiento de plagas
- Ajuste de las normas netas para el pronóstico de riego de los cultivos agrícolas
- Manejo sostenible de tierra

Biodiversidad

- Impactos y medidas de adaptación en la distribución de la flora y la fauna de Cuba
- Impactos y medidas de adaptación en los ecosistemas marino costeros del sur del país
- Impactos y medidas de adaptación en áreas protegidas y reservas de la biosfera
- Amenazas actuales y potenciales en humedales
- Especies exóticas invasoras

Recursos naturales y medio ambiente

- Manejo integrado de las cuencas hidrográficas y su interacción con la zona costera
- Afectación de las tierras por procesos de desertificación y aridez

Tecnologías de la informatización

- Bases de datos en ambiente de sistema de información geográfica
- Sistemas de monitoreo a nivel de paisajes y ecosistemas terrestres, incluyendo en ellos indicadores como el estado de la cobertura vegetal
- Sistema de gestión agropecuaria para la mitigación y adaptación
- Sistema de Predicción Climática para Cuba y el Caribe
- Sistema informático para estudios ecológicos y predicción de la dinámica de vectores nocivos a cultivos

RESULTADOS MARCOS Y TRANSVERSALES

Por su importancia, se presentan y describen sucintamente un grupo de resultados considerados claves para el tema tratado en este trabajo.

Metodología para el análisis de impactos y medidas de adaptación

En la Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Citma, 2015), se sistematizó la experiencia cubana hasta ese instante y se elaboró una metodología general para el análisis de los impactos del cambio climático y la adaptación (Tabla 7). Esta metodología fue avalada por un colectivo de expertos nacionales de alto nivel, no vinculados al estudio que le dio lugar, y, además, por el Consejo Científico del Instituto de Meteorología y el Grupo de Expertos del Programa Nacional de Ciencia “Cambio Climático en Cuba: Impactos, Adaptación y Mitigación”.

En líneas generales esta metodología se integra por los análisis siguientes:

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

Esta es una metodología general, que debe ser ajustada a los requisitos de cada estudio, y enriquecida en cada aplicación.

Tabla 7. ESQUEMA DE METODOLOGÍA PARA LOS ESTUDIOS DE IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

		Identificación y caracterización de fuerzas motrices relacionadas con el desarrollo humano y/o la evolución de los ecosistemas
Análisis del estado del medio ambiente para un período de tiempo preliminar	Identificación y caracterización de sectores y ecosistemas fundamentales	Caracterización climática, hidrológica y oceanográfica (según proceda), identificando tendencias locales y regionales
		Evaluación de la vulnerabilidad, peligros y riesgos (físico, social y económico)
		climáticos
Determinación de escenarios futuros		hidrológicos
		oceanográficos

	Fuerzas motrices
Determinación de impactos	Ecosistemas
	Sectores socio económicos
	ecosistémicas
Elaboración de propuestas de medidas de adaptación	sectoriales
Análisis del impacto de las medidas de adaptación en sectores y ecosistemas (físicas, perceptuales y económicas)	
ELABORACIÓN DE PROPUESTAS INTEGRALES DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	

PELIGROS Y RIESGOS

No existe un peligro e impacto más importante que otro, todos son significativos, y algunos de ellos aún no están cuantificados ni suficientemente bien considerados.

Los estudios realizados definen como los principales riesgos e impactos del cambio climático en el país los contenidos en la Tabla 8.

Tabla 8. PRINCIPALES AMENAZAS Y RIESGOS DEBIDOS AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CUBA

Amenazas	Riesgos
Aumento de la temperatura del aire	Pérdida de territorio emergido
Disminución de las precipitaciones	Reducción de los recursos hídricos
Aumento del nivel medio del mar	Cambio en el equilibrio de los ecosistemas
Aumento de los extremos hidrometeorológicos	Fragmentación o extinción de ecosistemas únicos

Estudios de PVR

En Cuba existe un elevado nivel de desarrollo de los estudios de Vulnerabilidad, Peligro y Riesgo (PVR). Los peligros contemplados en los trabajos que sistemáticamente se realizan son: intensas lluvias, penetraciones del mar, fuertes vientos, incendios rurales, sequías, sismos, deslizamientos de tierra, epizootias, epifitias, epidemias y tecnológicos (AMA, 2010).

En el análisis de los impactos del cambio climático, el valor de los estudios de PVR radica en que permiten, en el campo de su competencia, caracterizar el nivel de vulnerabilidad física, social y tecnológica en el presente, como parte de la línea base de referencia y, visto desde la adaptación, son útiles para la adopción de medidas a corto plazo, encaminadas a fortalecer la resiliencia de los ecosistemas naturales y humanos. Sin embargo, son insuficientes para proyecciones a mediano y largo plazos, debido dos razones fundamentales:

- Conceptualmente el riesgo se estima probabilísticamente, de manera que tiene una certidumbre calculada; mientras que, para los plazos medios y largo, en el cambio climático, el riesgo no tiene la misma acepción que en los estudios de PVR, y no puede ser estimado probabilísticamente.
- Los estudios de PVR se basan en la evaluación del pasado, mientras que los estudios de cambio climático son una proyección al futuro, donde el comportamiento de los peligros difiere del que tenía en el pasado. En este sentido, una de las limitantes es que, con el cambio climático, se está produciendo una ruptura en la dinámica de las series cronológicas de las variables medio ambientales, que implican que a partir del pasado registrado no se puede explicar directamente (modelar) el futuro.

Como consecuencia del cambio climático existirá una limitante para la proyección probabilística de los peligros de origen natural a un fu-

turo superior a 10 años, consistente en que las series de datos dejarán de ser estacionarias¹⁰, de manera que no podrán ser modeladas con métodos convencionales. Este efecto ya se ha comprobado en las series de temperatura del aire y de precipitación en Cuba.

La ruptura de la estacionariedad de las series es un problema que requiere de especial atención; porque las decisiones que dependan del modelado probabilístico de las series de datos requerirán ser reevaluadas. Por ejemplo, las normas ingenieras de seguridad de las obras ante peligros de un período de retorno dado; las garantías de entrega de agua y el manejo de los recursos hídricos.

ESCENARIOS CLIMÁTICOS

En un acápite anterior se explicó la importancia de utilizar los escenarios climáticos y se hizo referencia a cómo, a partir de éstos, es posible desarrollar escenarios hidrológicos, y llevar los análisis a escalas más detalladas. Con el desarrollo de los escenarios climáticos se ha podido hacer la:

- Caracterización espacial y temporal de los posibles futuros climáticos del país
- Determinación de las tendencias de las variables climáticas modeladas
- Estimación del comportamiento de los extremos climáticos

Los límites de 1.5 y 2.0°C

Analizando las políticas nacionales comprometidas globalmente, especialmente en los Estados Unidos de América, no se vislumbra la posibilidad de avances significativos en el cumplimiento del Acuerdo de París. En este sentido, la ciencia ha alertado sobre los límites crí-

¹⁰ Series estacionarias: es una secuencia de datos que se caracteriza porque todos sus miembros forman parte de una misma población estadística y que pueden ser modeladas estadísticamente.

ticos para la supervivencia en el planeta, fijados en 1.5 y 2.0°C como promedio de la temperatura global. A tales niveles de calentamiento se desencadenarían una cascada de impactos negativos que podrían llegar a ser irreversibles. No se trata de una teoría científica que debe ser comprobada, es una certeza con elevado nivel de certidumbre. De ahí la responsabilidad y nivel de prevención con la que debe trabajarse en la adaptación y la mitigación. La figura 12 muestra la gravedad del impacto que tendría a nivel global alcanzar estos límites.

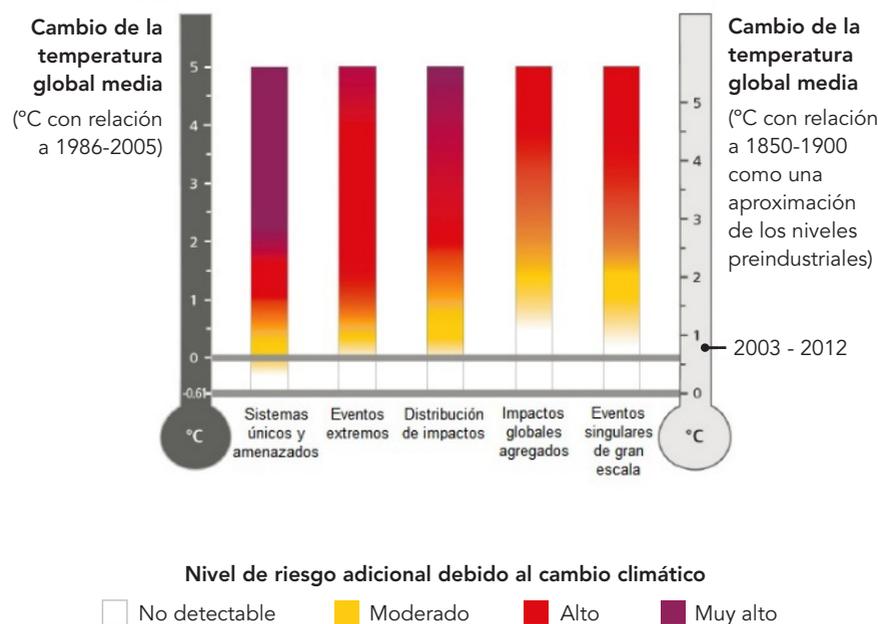


Figura 12. Nivel de riesgo por el ascenso de la temperatura global del aire por encima de los umbrales 1.5 y 2.0 °C | IPCC, 2017

Es importante hablar de un resultado para el Caribe, sobre las metas climáticas de 1.5 y 2.0 °C establecidas por el “Acuerdo de París” (Taylor et al, 2018). Basado en los escenarios de emisiones que existen, de no hacerse nada a escala mundial por el clima, la temperatura del aire global alcanzará el incremento de 1.5 °C aproximadamente en el año 2031, y para entonces el Caribe estará un poco más frío (1.2 °C), pero cuando el planeta llegue a los 2.0 °C, previsto para el año 2055, el Caribe tendrá una temperatura de 1.8 °C. Por tanto, de continuar este estado de inacción, la mirada no es al 2100, es al 2050. Esto se estudió por Centella (2018) para la Isla de la Juventud, y los resultados fueron similares a los obtenidos para el Caribe.

IMPACTO DEL ASCENSO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

El “Macroproyecto” constituye un ejemplo metodológico de análisis y visión integrada de los impactos del cambio climático. Su principal éxito se sustenta en el adecuado uso de los escenarios futuros del ascenso del nivel promedio del mar, estimados para los años 2050 y 2100. Con este proyecto se ha puesto en evidencia la magnitud que tendrá el impacto del mar en los ecosistemas marino-costeros del archipiélago cubano. Sobre esta base, ha sido posible establecer medidas de adaptación a corto plazo y una estrategia de adaptación a mediano y largo plazos, particularmente para los asentamientos humanos. Entre sus resultados más significativos figuran los siguientes:

- La elevación del nivel del mar relativo se ha acelerado en los últimos 13 años (2004 a 2017)
- Los valores máximos de elevación del nivel medio del mar relativo llegarán hasta 31,34 cm para el 2050 y 84,92 cm en el 2100.
- La superficie terrestre que se inundaría permanentemente por el ascenso del nivel medio del mar para el 2050, abarcaría unos 2 mil 416 km² y en el 2100 se inundarían 5 mil 645 km². Estas cifras representan 2,24% y 5,33% del territorio emergido respectivamente.

- Por el incremento del nivel medio del mar en ambos escenarios (2050 y 2100), se verán afectados parcial y totalmente 112 asentamientos costeros. En el escenario extremo, 31 740 viviendas quedarán inundadas y 1 624 instalaciones dejarán de prestar servicios, lo que obligará a desplazarse hacia lugares seguros unos 83 600 habitantes.
- En el escenario 2050, el área máxima de inundación temporal, ante un huracán categoría 5 con una duración de 12 horas, es de unos 2 470 km². Para el 2100, el área máxima podría incrementarse en 2 066 km².
- La intrusión marina mantiene una ligera tendencia a continuar penetrando. Se estima que 22 681 km² estarán afectados por la intrusión marina. La costa sur es la más afectada del país. Actualmente existen 574 asentamientos humanos y 263 fuentes de abasto de agua vulnerables a la intrusión marina.
- Las corrientes marinas, como uno de los fenómenos moduladores del clima y la línea de costa, no muestra cambios significativos en sus parámetros fundamentales (dirección e intensidad).
- La evolución de las playas se ha mantenido con poco cambio en los últimos años. De un total de 499 playas inventariadas, en 218 existen indicios de erosión.
- Los manglares experimentaron crecimiento. La Ciénaga de Zapata ha sido la región más afectada. El mayor humedal de Cuba perdió el 33 % de su cobertura, provocado fundamentalmente por un desbalance hídrico.
- Las crestas arrecifales están muy afectadas, solo el 13,7 % mantiene corales vivos. La tasa anual de pérdida de corales vivos es del 0,3 %, lo que pudiera afectar en los próximos 30 años su máxima capacidad de disipar la energía del oleaje.
- La acidificación o proceso de disminución del pH, en las aguas alrededor de Cuba y zonas interiores de la plataforma marina, no han mostrado indicios de acidificación.

Retos para la ciencia

El trabajo realizado en el marco del Sistema de Programas y Proyectos que funciona en el país desde hace más de 25 años y los análisis realizados para la preparación de las comunicaciones nacionales a la “Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático”, ha permitido identificar los principales retos de la ciencia cubana para profundizar en el conocimiento del cambio climático y sus impactos. Estos retos pueden considerarse también objetivos de trabajo para la Tarea Vida.

PROCESOS FÍSICOS, VULNERABILIDADES E IMPACTOS¹¹

- Reducir las incertidumbres de la modelación del clima.
- Ampliar la capacidad para realizar observaciones de las variables del sistema climático, para validar las tendencias predominantes y confirmar los cambios que se produzcan en la evolución del sistema, como forma de corroborar los escenarios estimados al futuro.
- Fortalecer las redes de observación de las variables atmosféricas, hidrológicas y oceanográficas, adecuando los criterios y técnicas

¹¹ Texto tomado de la publicación *Cambio climático en Cuba: Impactos, Adaptación y Mitigación*. Aportes del Programa Nacional de Ciencia 2013-2018

de diseño, la tecnología y los planes de trabajo de las redes, a los cambios que ocurrirán en la distribución espacial y temporal de las variables y en la frecuencia e intensidad de los fenómenos que éstas monitorean.

- Mejorar la información estadística nacional en materia socioeconómica, para mejorar la calidad de los datos e informaciones y la cobertura espacial, sobre todo las de tipo local (visibilizando más los municipios y consejos populares), para propiciar la correlación entre ambiente y cambio climático, según condiciones y demandas territoriales.
- Lograr que los análisis de los impactos del cambio climático y la adaptación se basen en un enfoque integrador, que vincule todos los elementos relacionados con el objeto que será estudiado.

SOCIEDAD Y ECONOMÍA¹²

No obstante ser el hombre y su relación con el medioambiente el destino final del enfrentamiento al cambio climático, aun no se ha avanzado lo suficiente en el área relacionada con los problemas sociales y económicos, para lograr que las estrategias de adaptación sean más cercanas al hombre, sus condiciones de vida y trabajo, e incluyan los criterios aportados por las comunidades, como participantes garantes de la gestión correspondiente. Este es uno de los vacíos fundamentales que existen. Por tanto, es necesario:

- Ahondar en el examen cuantificado de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas bajo los efectos de la variabilidad y el cambio climático, como fundamento a las acciones planificadas, así como para el mejor diseño de las medidas de adaptación,

conjuntamente con la definición sobre los costos de la inacción ante el cambio climático.

- Lograr que en las estrategias de adaptación se incluya la capacitación de los actores nacionales vinculados con la toma de decisiones en sectores estratégicos de la economía, como pueden ser: la agricultura, la producción azucarera, los recursos hídricos, la salud humana y el turismo, entre otros.
- Avanzar en la inclusión del tema del cambio climático en todos los niveles de enseñanza de pre y postgrado.
- Profundizar en los aspectos relacionados con la percepción del problema; la equidad social y el género.

ADAPTACIÓN¹³

Es importante tener claro que la estrategia de adaptación al cambio climático y la de respuesta ante fenómenos meteorológicos o a otros problemas ambientales del presente son cosas distintas. La estrategia de respuesta inmediata a los fenómenos actuales forma parte de los planes de contingencia que para casos de desastres existen; mientras que, desde el punto de vista de la adaptación al cambio climático, la valoración de los fenómenos meteorológicos, sobre todo de los extremos, debe ser parte del reconocimiento de la vulnerabilidad y del análisis de cómo reducirla, como punto de inicio de la adaptación.

Estratégicamente la adaptación hay que verla a largo plazo y relacionada con el escenario progresivo del país. Para esto es necesario:

- Precisar el horizonte temporal, definiendo los impactos futuros desde ahora, de manera que se tengan en cuenta en las inversiones que se planifiquen. Esta práctica puede inducir la revisión de

¹² Texto tomado de la publicación *Cambio climático en Cuba: Impactos, Adaptación y Mitigación*. Aportes del Programa Nacional de Ciencia 2013-2018

¹³ Texto tomado de la publicación *Cambio climático en Cuba: Impactos, Adaptación y Mitigación*. Aportes del Programa Nacional de Ciencia 2013-2018

inversiones ya decididas y de otras no previstas o pensadas para el futuro.

- Desarrollar proyectos que promuevan soluciones naturales para la adaptación, como la adaptación basada en ecosistemas; así como la combinación de soluciones naturales y de infraestructura. La visión de la conectividad entre la montaña y la costa debe estar presente en las soluciones que se propongan.
- Considerar integralmente todos los aspectos de la sociedad, formulándose desde la escala local hasta la de país; incluyendo temas como la participación comunitaria, sensibilización y educación. La antes mencionada visión de conectividad debe estar presente.
- Proponer, desde el presente, regulaciones y normas técnicas que consideren el impacto del cambio climático, sobre todo para las actividades que ejecuten obras de larga vida útil.
- Considerar la disponibilidad y calidad futura de agua y su relación con los planes de desarrollo; el impacto del cambio climático sobre la infraestructura establecida bajo otro régimen climático e hidrológico y su operatividad, y el agua como componente del ecosistema.
- Establecer estrategias de conservación “in situ” para las especies amenazadas y protegidas, y extenderlas a otras especies. Es muy importante considerar el impacto de las especies exóticas invasoras.
- Adoptar medidas de adaptación en los ecosistemas teniendo en cuenta su relación con los ecosistemas interiores.
- Trabajar en la determinación de los costos de las opciones de adaptación; incluyendo el análisis de sensibilidad de las medidas ante diferentes escenarios económicos, sociales y ambientales.

EL PROBLEMA DEL AGUA

En la Segunda Comunicación Nacional (2015) se estimó que los recursos hídricos potenciales del país se habían reducido en un 16% (de 38 a 32 mil Hm³) y que para el 2050, dependiendo del escenario climático, podrían oscilar entre 24 y 28 mil Hm³, lo que representa entre el 25 y 12% de los recursos de agua potenciales estimados en el 2015; y para el 2100 la reducción de las potencialidades de agua podría ser superiores al 55%. Los estudios conocidos realizados en este campo, que hayan tenido en cuenta los escenarios climáticos del futuro, son las evaluaciones generales realizadas para la primera y segunda comunicaciones nacionales (Citma, 2000 y 2015).

Uno de los problemas identificados en el marco de las comunicaciones nacionales, es la interpretación de la disponibilidad futura de agua y su relación con el cambio climático. Frecuentemente, no se considera apropiadamente como el impacto sobre los recursos potenciales¹⁴ influye en el agua aprovechable¹⁵ y en el agua disponible¹⁶; y las medidas de adaptación se plantean en función estos recursos, sin tener en cuenta su dependencia de los recursos potenciales. Conceptualmente es importante tener en cuenta que los:

- Recursos aprovechables son variables y dependen del balance climático e hidrológico. En la medida que un régimen es más seco (como está sucediendo en Cuba), la cantidad de agua potencial que se transforma en aprovechable es menor, debido al incremento de los procesos de pérdida debidos a la evaporación y la satisfacción de las necesidades hídricas de los ecosistemas.

¹⁴ Los recursos potenciales se refieren a la cantidad de precipitación que se convierte en agua superficial y subterránea, estimada para los trópicos entre 24 y 30%

¹⁵ Los recursos aprovechables es el volumen de agua de la potencial que puede explotarse con la tecnología disponible

¹⁶ Los recursos disponibles es el volumen de agua en explotación a capacidad máxima de las obras hidráulicas y acuíferos

- Recursos disponibles dependen de la capacidad de la infraestructura hidráulica; que tampoco es fija, dado que la superficial está sujeta al impacto de los procesos de sedimentación que, en grado extremo conducen al azolvamiento de los embalses¹⁷ y la subterránea depende del grado de contaminación marina.

Las cifras que se manejan oficialmente por el INRH (2016) fija los recursos hídricos potenciales en 38.1 mil Hm³, los aprovechables en 24.0 Hm³ y los disponibles en 13.6 Hm³. Sin embargo, los recursos potenciales y aprovechables han sido cuantificados por diferentes fuentes en volúmenes menores (Tabla 9).

Tabla 9. EVALUACIONES DE RECURSOS HÍDRICOS DE CUBA

Período	Recursos potenciales (km ³)	Recursos aprovechables (km ³)	Fuente
1931-1972	38.0	24.0	INRH, 1986
1961-1990	30.0	18.0	1CN, 2000
1961-1990	31.9	no estimados	Batista, 2014
1961-1990	32.4	18.0	2CN, 2015

Al balance hídrico general debe agregarse, que el volumen de agua aprovechable será afectado por el incremento de la intrusión marina que el ascenso del nivel del mar ocasionará sobre los acuíferos costeros. Por otra parte, los recursos superficiales disponibles serán afectados por la reducción que produce el impacto de la sedimentación en la capacidad de embalse, estimada en una pérdida anual de capacidad del 0.76% (Laíz, 2010).

El impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos e hidráulicos del país tendrá consecuencias severas, a las que debe prestársele mayor atención. Para perfeccionar las estrategias de adaptación en el sector del agua se requiere de una reevaluación detallada de la hidrología y los recursos hídricos a nivel de cuencas, embalses y acuíferos, con el objetivo de actualizar el inventario de agua y conocer las reservas reales para desarrollos hidráulicos desde nuevas fuentes.

¹⁷ Un estudio realizado en 15 embalses cubanos demostró que, debido a la sedimentación, el volumen real de agua almacenada se redujo en un rango del 9,6 al 37,8 %, mientras que el promedio para las 15 obras fue de 21,9 % (Laíz, 2010)

Reflexiones finales

El enfrentamiento al cambio climático debe ser organizado con el nivel de prioridad y de acción requeridos por la urgencia del problema, para garantizar el reconocimiento pleno y acertado de los impactos del cambio climático y la adaptación oportuna y adecuada.

Por la complejidad de las acciones y las especificidades de cada actividad, el proceso de la adaptación tiene que ser adecuado en cada sector y ecosistema, alcanzando todas sus escalas espaciales y niveles jerárquicos. Esa es una responsabilidad de las instituciones, conocedoras competentes de sus esferas de actuación.

También se requerirá perfeccionar el nivel superior de coordinación que existe hoy para la Tarea Vida, a fin de garantizar la integralidad de la adaptación a nivel del medio ambiente e intersectorial.

En este trabajo se han expuesto los fundamentos del proceso de adaptación a nivel de estrategias y de medidas, como una guía de los aspectos que deben tenerse en cuenta, a la vez que han sido reconocidos vacíos y barreras importantes que existen; pero este es un tema que necesita más dedicación. De manera general debe llamarse la atención a la necesidad de que:

- Las estrategias nacionales, territoriales, sectoriales y medio ambientales de adaptación se basen en el conocimiento de los escenarios climáticos determinados por la ciencia cubana; y que para sus proyecciones planteen escenarios futuros de desarrollo, que cubran todos los posibles impactos consecuencia de los futuros climáticos más probables;
- las estrategias incluyan las indicaciones metodológicas para determinar las medidas de adaptación y para el establecimiento y funcionamiento de los sistemas de monitoreo y evaluación, que permitan decidir, a tiempo, cuales son las medidas de adaptación más convenientes, así como controlar sus impactos;
- las medidas de adaptación se prevean teniendo en cuenta los escenarios de desarrollo y los impactos del cambio climático en cada uno de ellos.
- las medidas de adaptación se decidan basado en una rigurosa valoración de lo que se precisa hacer para implementarlas, su eficacia y sostenibilidad en los plazos temporales que han sido definidos;
- se establezca una adecuada clasificación de las medidas de adaptación, con el propósito de lograr una planificación apropiada de éstas.
- se organicen mejor los arreglos institucionales, en busca de una mayor integralidad intersectorial, con una correcta visión medio ambientalista; y que, al mismo tiempo, el flujo de informaciones y datos se contextualicen con las necesidades que demanda la adaptación al cambio climático y
- se profundice en la capacitación a todos los niveles, para lograr un mejor entendimiento de lo que significa el cambio climático.

Referencias

Costa Sur Guantánamo // Foto original de Richard Molina

AdapChile. *Resiliencia al Cambio Global* (2016). Definición de indicadores de cambio climático y del proceso de adaptación. Disponible en: http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=815ce044-9025-43af-b350-9f004820431d&fname=-Definici%C3%B3n%20de%20indicadores%20de%20cambio%20clim%C3%A1tico%20y%20del%20proceso%20de%20adaptaci%C3%B3n_2016.pdf&access=public

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

Arnoldo et al, 2016 Generación de escenarios climáticos a futuro de alta resolución sobre Cuba, el Caribe y territorios adyacentes. Programa Nacional de Ciencias. Cambio climático en Cuba: Impactos. Adaptación y Mitigación. Multimedia.

Batista, José Luis (2015): *Balance Hídrico de la República de Cuba*. Memorias de I Conferencia Nacional de Ciencia y Tecnología. CITMA, La Habana.

Centella, A. 2018. En: Planos et al, 2018. Impactos del Cambio climático en la Isla de la Juventud y medidas de adaptación. Resultado científico técnico del Instituto de Meteorología.

- Citma, 2015: Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, 228 pp
- Christiansen, L., Martínez, G. y Naswa, P. (eds.) 2018. *Sistemas de medición de la adaptación: perspectivas sobre cómo medir, agregar y comparar los resultados de la adaptación*. Asociación ONU Medio Ambiente-DTU, Copenhague
- IPCC. Climate Change. 2007. The IPCC Scientific Assessment. edit. J. T. Houghton, G. J. Jenkins and J. J. Ephraums. Cambridge University Press, Cambridge. 2007. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf.
- International Panel on Climate Change (IPCC). 2014. Summary for policy-makers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*.
- Pérez-Parrado, R., 2019: Ascenso del nivel del mar en Cuba por cambio climático. *Revista Cubana de Meteorología*, 25(1), 76-83.
- Planos, Eduardo; Guevara, Vladimir y Rivero, Roger (Editores) (2013): *Cambio climático en Cuba: vulnerabilidad, impacto y adaptación y medidas de adaptación*. Multimedia Instituto de Meteorología. Editorial AMA. ISBN 978-959-300-035-2
- Planos et al, 2018. Impactos del Cambio climático en la Isla de la Juventud y medidas de adaptación. Resultado científico técnico del Instituto de Meteorología.
- Planos E. Sobre la adaptación al cambio climático. Serie "Entendiendo el cambio climático. Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Editorial AMA. ISBN 978-959-300-159-5. 2019
- Planos, E. 2020. Cambio climático y gestión de la adaptación. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*. Volumen IV No 3. P322-333. Disponible en: <https://apye.esceg.cu/index.php/apye/article/view/142>
- Rivero, R. E. 2008. *Workbook of Climate Change Impacts Assessments in Agriculture: Basic Knowledge, Methodologies and Tools*, CCCCC / INSMET / Commonwealth Secretariat, 148 p. ISBN 978-976-95260-1-3 (PBK)
- Taylor, M; Centella, A; A, Bezanilla; Stephenson, T; Jones, J; Campbel, A; Vichot A; and Charlery, J. 2018. Future Caribbean. *J. Climate* (2018) 31 (7): 2907–2926 *Climates in a World of Rising Temperatures: The 1.5 vs 2.0 Dilemma*. Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/63_Taylor%201.5%20Paper.pdf
- Vázquez RJ, Rodríguez Baide JM, Chang Domínguez D, Fumagalli D, Zucchini A, Rivero Jaspe RR, Manqueira López L, Soto F, Torres de la Noval W, Morejón Rivera R, Roján Herrera O, Álvarez Sierra D, Florido Bacallao R, Hernández Córdoba N, Rivero L, Morales Morales R, van den Berg M. 2019. *La modelación biofísica y agroclimática: Asimilación y aplicación de la plataforma BioMA en Cuba para evaluar los impactos del cambio climático y las opciones de adaptación*. EUR 29290 ES, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo, 2019, ISBN 978-92-79-88850-2, doi:10.2760/306030, JRC112180. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwidiMG9tKLsAhXvtlkKHYjED-tUQFjABegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fpublications.jrc.ec.europa.eu%2Frepository%2Fbitstream%2FJRC112180%2Finforme_t%25C3%25A9cnico_final_basal_bioma.pdf&usg=AOvVaw0xeRSorsOAFbpbCPsUkUcO

Anexos

ANEXO I. INDICADORES UTILIZADOS EN LA PRÁCTICA INTERNACIONAL

A.I.a. Euroclima: 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

A.I.b. Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo

Indicadores de medidas de adaptación	Indicadores de resultados de la adaptación
AGUA	
<ul style="list-style-type: none"> • Número de campañas de sensibilización pública sobre la eficiencia del agua • Porcentaje de la población que vive en áreas propensas a la inundación y/o sequía con acceso a pronósticos de lluvia • Porcentaje de nuevos proyectos hidroeléctricos que consideran riesgos climáticos futuros Número de inventarios sobre impactos del cambio climático en biodiversidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de personas en condiciones de pobreza en áreas propensas a la sequía con acceso a agua segura y confiable • Porcentaje de hogares urbanos con acceso a agua entubada Número de metros cúbicos de agua conservada • Volumen de agua consumida en instalaciones turísticas Porcentaje de demanda de agua satisfecha por la oferta existente

<ul style="list-style-type: none"> • Número de medidas de eficiencia hídrica utilizada en la generación / extracción de energía Número de compañías de agua que racionalizan el agua durante las sequías • Plantación de árboles de ribera • Porcentaje de aguas residuales tratadas Porcentaje de tierras agrícolas con riego mejorado Porcentaje de costa bajo protección marina • Número de agricultores que participan en proyectos piloto de mensajería en irrigación • Áreas prioritarias para la protección preventiva de inundaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de hogares con reducción de riesgo de inundaciones debido a la construcción de defensas nuevas o mejoradas • Número de nuevos proyectos importantes de infraestructura localizados en zonas de riesgo Aumento en la productividad agrícola mediante el riego de tierra cosechada
AGRICULTURA	
<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de agricultores y pescadores con acceso a servicios financieros Suma total de inversiones en programas para la protección de animales Número de inventarios sobre impactos del cambio climático en biodiversidad Adopción de medidas para la conservación del suelo • Porcentaje de aguas residuales tratadas Porcentaje de tierras agrícolas con riego mejorado • Número de agricultores que participan en proyectos piloto de mensajería en irrigación Número de mujeres organizadas en cooperativas agrícolas • Cultivo de variedades de vino tinto que prefieren calor 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de personas en condiciones de pobreza en áreas propensas a la sequía con acceso a agua segura y confiable • Número de metros cúbicos de agua conservada • Porcentaje de demanda de agua satisfecha por la oferta existente • Porcentaje de ganado asegurado contra la muerte debido a fenómenos meteorológicos extremos y de evolución lenta • Porcentaje de tierras de cultivo cubiertas por seguro de cosechas Porcentaje de forraje adicional para el ganado de pastoreo • Aumento en la productividad agrícola mediante el riego de tierra cosechada Aumento en el porcentaje de cultivos resilientes al clima que se utilizan Porcentaje de superficie cultivada con variedades resistentes a la sequía • Volumen de negocio generado por las cooperativas agrarias

ANEXO 2. INDICADORES EN SECTORES NACIONALES SELECCIONADOS

Objetivos de la adaptación	Indicadores
AGUA	
<p>1. Evaluar disponibilidad de recursos hídricos en los escenarios proyectados de cambio del clima, y evaluación del uso del agua en esas circunstancias, de cara a los planes de desarrollo en el sector agrícola, el turismo, la industria y otras actividades claves, incluyendo el consumo humano.</p> <p>2. Mostrar de qué manera la planificación en los usos del agua toma en cuenta la mejor información disponible sobre el cambio climático</p> <p>3. Considerar las medidas para la disminución de los consumos, su cobro, y otros aspectos que puedan incrementar la productividad del agua y la eficiencia de su uso, incluyendo las relativas a promover la introducción de tecnologías apropiadas, tales como la cosecha directa de agua de lluvia y otras, para satisfacer demandas locales del recurso.</p> <p>4. Valorar el empleo de indicadores y categorías, como la Huella Hídrica y otros relativos a la eficiencia en el uso de los recursos hídricos. Consideración de normas sectoriales en materia de productividad del agua.</p> <p>5. Desarrollar estrategias financieras, para las acciones de adaptación y mitigación, incluyendo el fortalecimiento de capacidades para la formulación de proyectos bancables.</p>	<p>1. Avances en la actualización de los Recursos Hidráulicos Disponibles de Cuba.</p> <p>2. Incremento del porcentaje de agua disponible, superficial y subterránea, para una época de año y un territorio dado, respecto a la media histórica.</p> <p>3. Volumen de agua recuperada por mejoramiento del Estado técnico de las presas (hm³/año).</p> <p>4. Incremento de los Recursos Hidráulicos Disponibles por aumento de la capacidad de embalses y nuevas obras de captación subterráneas (m³/habitantes/día).</p> <p>5. Recuperación de los Acuíferos salinizados (Cantidad recuperados al año).</p> <p>6. Por ciento de normas jurídicas implementadas en el sector hidráulico que tributan al enfrentamiento del cambio climático.</p> <p>7. Número de proyectos elaborados elegibles para la financiación internacional (incluye Cantidad de Proyectos bancables).</p> <p>8. Incremento en la cifra de recursos financieros gestionados y disponibles.</p>

Objetivos de la adaptación	Indicadores
ALIMENTOS	
<p>1. Establecer por los organismos que aseguran la producción de alimentos, medidas para la consideración de los impactos y escenarios climáticos en las proyecciones y políticas sobre seguridad alimentaria.</p> <p>2. Considerar los impactos y escenarios climáticos en las proyecciones y políticas sobre seguridad alimentaria.</p> <p>3. Considerar los impactos del cambio climático: - en cultivos, con énfasis en el arroz, la papa, los frijoles y el maíz, y al ganado. - programas pesqueros y las comunidades de pescadores</p> <p>4. Alcanzar la resiliencia en las cadenas de producciones agrícolas, industria y consumo, incluyendo medidas relativas a la calidad y la inocuidad, y la disminución de las pérdidas y desperdicios de alimentos.</p> <p>5. Desarrollar estrategias financieras para las acciones de adaptación y mitigación, incluyendo el fortalecimiento de capacidades para la formulación de proyectos bancables.</p>	<p>1. Cultivos adaptados en producciones principales (expresado en número de cultivos y ha, respecto al total de áreas de esos cultivos).</p> <p>2. Introducción de variedades resistentes (expresado en número de ha).</p> <p>3. Cadenas alimentarias resilientes (expresadas en número y justificación de la resiliencia).</p> <p>4. Área bajo manejo sostenible de tierra medido (hectáreas).</p> <p>5. Área beneficiada por el Programa de Mejoramiento y Conservación de Suelos (hectárea).</p> <p>6. Rendimiento productivo en áreas beneficiadas por el Programa de Mejoramiento y Conservación de Suelos (%)</p> <p>7. Superficie agrícola beneficiada del total de áreas agrícolas con factores limitantes (%).</p> <p>8. Reserva de carbono en capa arable de suelo (%).</p> <p>9. Por ciento de normas jurídicas implementadas en el sector de los alimentos que tributan al enfrentamiento del cambio climático, respecto al total de las adoptadas.</p> <p>10. Cantidad de proyectos elaborados elegibles para la financiación internacional (incluye No. Proyectos bancables).</p> <p>11. Incremento en la cifra de recursos financieros gestionados y disponibles.</p>

Objetivos de la adaptación	Indicadores
TURISMO	
<p>1. Evaluar y proyectar las medidas de adaptación al cambio climático, tomando en cuenta los principales factores que impactan al sector, todo ello con una mirada transectorial, que no se limite de modo directo a la actividad turística, sino que considere todo el encadenamiento productivo y de servicios.</p> <p>2. Desarrollar una visión del sector, resiliente y bajo en emisiones, que abarque todas las esferas de su actividad (construcciones, gestión del agua, relación con los ecosistemas naturales, enfoque ecosistémico). Llevar este enfoque a su estrategia de comunicación.</p> <p>3. Considerar de manera integral todas las medidas que disminuyan las emisiones de gases de efecto invernadero del sector, incluyendo las relativas al uso de las energías renovables, la mejora de la eficiencia energética, la introducción de certificaciones energéticas y otras que coloquen al sector a la altura de los mejores estándares internacionales en este campo.</p> <p>Generales respecto a la protección de los ecosistemas costeros:</p> <p>Protección de los ecosistemas costeros, incluyendo las acciones de regeneración, rehabilitación y de adaptación basada en ecosistemas de los ecosistemas de playas arenosas, los manglares, los pastos marinos, los arrecifes de coral, y las cuencas hidrográficas conexas. Incluye entre otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Programa de recuperación de playas. Normativa legal que lo soporta. Avances en la conservación, mantenimiento y recuperación. - Plan para la protección de las crestas arrecifales. Identificación de las prioridades. Medidas implementadas y planificadas. Soporte legal. - Medidas para reforestación del manglar y la protección de otras vegetaciones costeras. - Resultados científicos en que se sustentan todas estas acciones. 	<p>1. Número de proyectos ejecutados en relación con el No. de proyectos identificados, incluye los relacionados con las ciencias sociales.</p> <p>2. Número de resultados científicos introducidos con la evaluación de su impacto.</p>

**RECOMENDACIONES PARA
UNA ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN
AL CAMBIO CLIMÁTICO**
EN EL CONTEXTO DE LA TAREA VIDA

