

GUIA METODOLÓGICA PARA LOS ESTUDIOS INTEGRADOS DE IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN CUBA. MARCO CONCEPTUAL

Autores¹:

Eduardo O. Planos Gutiérrez, A. Vladimir Guevara y, Nancy Fernández Mosquera

La Habana, noviembre del 2014

¹ Centro del Clima del Instituto de Meteorología

***Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación
Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque***

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| ANTECEDENTES | 3 |
| Procesos GEO | 5 |
| Manual para la evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación (U.S. Country Studies. 1996)..... | 6 |
| Enfoque integrado en estudios relacionados con el cambio climático en Cuba | 7 |
| METODOLOGÍA DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN..... | 8 |
| Criterio de expertos sobre los estudios de impacto del cambio climático y medidas de adaptación..... | 9 |
| Visión del IPCC en su V Reporte sobre los impactos del cambio climático y la adaptación | 12 |
| Aproximación a una guía metodológica de análisis integrado del impacto del cambio climático y las medidas de adaptación | 15 |
| Análisis estado del medioambiente y establecimiento de línea base..... | 17 |
| Estimación de escenarios futuros | 18 |
| Estimación de los impactos del cambio climático..... | 19 |
| Propuestas de medidas de adaptación | 23 |
| CONCLUSIONES: RETOS Y VACÍOS | 29 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 29 |
| ANEXO 1. RELACIÓN DE EXPERTOS INDEPENDIENTES QUE EVALUARON EL RESULTADO | 31 |

**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

INTRODUCCIÓN

Todos los procesos naturales o inducidos que se desarrollan en la Tierra están relacionados entre sí, de manera que cualquier alteración que rebase los límites admisibles de la variabilidad y la dinámica de los fenómenos ambientales, provoca reacciones adversas en el medioambiente. El cambio climático es uno de los acontecimientos más trascendentes para el equilibrio ambiental; precisamente por ser el clima una condición básica para el funcionamiento del planeta, regulando la circulación atmosférica y el ciclo hidrológico, con las consecuencias que se derivan para el resto de los ciclos que determinan la vida.

Desde que la comunidad científica ha reconocido el cambio climático como uno de los problemas fundamentales que enfrenta el hombre actual, se ha avanzado mucho en el entendimiento de este tema, en el modelado del clima del futuro, en el estudio de los impactos y en la determinación de medidas de adaptación. El IPCC ha presentado una serie de informes evaluativos del impacto del cambio climático por sectores, así como los países signatarios han preparado comunicaciones nacionales sobre el cumplimiento de sus compromisos con la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en materia de adaptación. Existe el entendimiento de la necesidad de lograr cada vez más una valoración integrada de los impactos, se realizan notables esfuerzos y se avanza en este propósito. Sin embargo, aún se necesitan mayores progresos, incluyendo en las investigaciones una detallada evaluación de la cadena de impactos, con un enfoque multi e intersectorial que incorpore las dimensiones ecosistémica, social, tecnológica, científica y económica.

Atendiendo a lo anterior, en el marco de la Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se desarrolló el proyecto *Análisis Integrado de los Impactos del Cambio Climático y las Medidas de Adaptación en el Sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque*, un estudio de caso que pretendió establecer de forma preliminar las interacciones que se producen entre los sectores involucrados en la investigación, como consecuencia del impacto del cambio climático y de las medidas de adaptación sectoriales; así como además, elaborar una metodología para el análisis integrado de este problema.

ANTECEDENTES

En esta guía no se efectúa una exhaustiva descripción de trabajos anteriores que posean un enfoque integrador porque la relación sería inmensa y con enfoques dependientes de la disciplina, e incluso de la estructura económica y social y la ideología de los autores. Por ello, tan solo se presenta un resumen de la evolución de este concepto, de cómo se ha visto reflejado en los estudios de cambio climático realizados en Cuba; y se aborda más ampliamente la metodología GEO dada la amplia aceptación alcanzada, al ser una muestra de cómo es posible interrelacionar los procesos ambientales de forma exitosa.

La evolución que ha tenido el análisis integrado en los estudios ingenieriles relacionados con el agua, puede ilustrar de manera muy sencilla como se ha

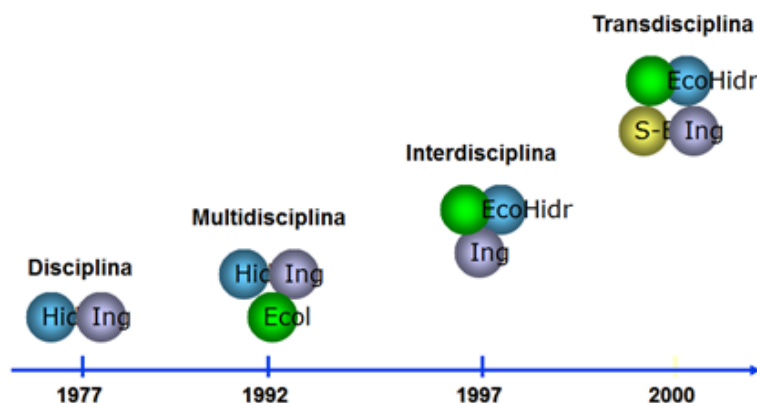
**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

avanzado en este enfoque. La figura 1 (cortesía del Ing. Marcelo Gaviño²) demuestra esta evolución por décadas:

- 1970 Concepto de Disciplina: los estudios eran simplemente vistos en el marco de la especialidad ingeniera correspondiente, estableciéndose una relación cerrada entre los especialistas del sector que cumplían su cometido de determinar, en este ejemplo, el potencial hidrológico para una obra, diseñarla y construirla; abriendo sus fronteras prácticamente solo para la obtención de datos e informaciones de otras áreas. Esta fue una época en la que el accionar ingeniero carecía de vocación ambientalista.
- 1990 Concepto de Multidisciplina: los estudios ingenieriles integraron una visión ecológica en sus obras, tratando de que fueran amigables con el medioambiente; a la vez que, en la medida de lo posible, respetaban en el diseño y construcción la diversidad biológica.
- 1990 (finales): nace la ecohidrología como ciencia, dándole a los estudios hidrológicos un carácter más ambientalista.
- 2000 Concepto de Transdisciplina: se produce una integración de los estudios ingenieriles, la ecohidrología y el análisis socioeconómico, con lo cual se alcanza abarcar todas las dimensiones.

Sin embargo, hay que mencionar que en las decisiones sobre la ejecución de grandes inversiones ingenieras prevalece el criterio político y económico.

Figura 1. Evolución de los enfoques conceptuales aplicados para la evaluación de las crecidas de diseño. Fuente: Gaviño, 2010



² Dr. Marcelo Gaviño. Profesor Titular Universidad de Buenos Aires. Coordinador Regional para América Latina y el Caribe del Programa Ecohidrología del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO

**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

Procesos GEO

GEO es un proceso de evaluación del ambiente en los diferentes niveles, de carácter intersectorial, participativo y consultivo. Incorpora las diferentes visiones y fomenta el consenso sobre cuestiones y acciones prioritarias mediante el diálogo entre los sectores normativo (los gobiernos en particular) y científico. Apunta además a fortalecer la capacidad de evaluación ambiental mediante actividades de formación y aprendizaje en la práctica. Es un ejercicio periódico que examina el estado del medio ambiente, las tendencias y asuntos emergentes, junto con sus causas e impactos sociales y económicos. Sirve de orientación para los procesos decisorios como la formulación de políticas ambientales, la planificación de medidas y la asignación de recursos.

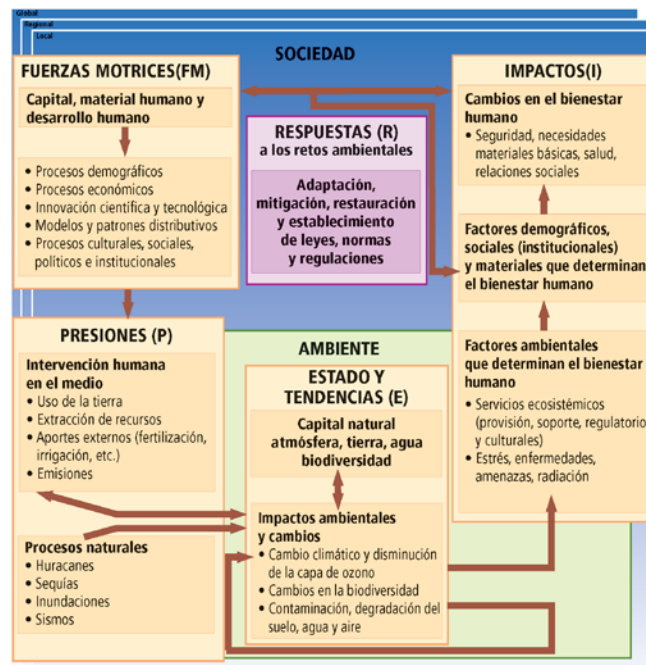
La metodología GEO parte de responder cinco preguntas básicas:

- ¿Qué pasa en el medioambiente y por qué?;
- ¿Cuáles son las consecuencias para el medioambiente y la humanidad?;
- ¿Qué se está haciendo y cuan efectivo es?;
- ¿Hacia donde nos dirigimos?;
- ¿Cuáles acciones pueden adoptarse para un desarrollo sostenible?.

Las respuestas se obtienen con el análisis integrado de las fuerzas motrices responsables de los cambios y la evolución del medioambiente, las presiones sobre el mismo, su estado, los impactos que recibe y las respuestas que da. Esto constituye la Evaluación Integrada del Medioambiente.

El enfoque conceptual utilizado para el GEO Cuba (Fernández et al, 2007), se muestra en la figura 2. En ella se aprecian los elementos de los análisis usados para responder a las preguntas que plantea esta metodología: Fuerzas motrices, Presiones, Respuestas, Estado y Tendencias del Ambiente e Impactos. Esta metodología es una base adecuada para la evaluación integral del estado del sistema ambiental y de la línea base de los estudios sobre cambio climático. El mismo concepto puede proyectarse a los

Figura 2. Marco conceptual empleado para la evaluación del medio ambiente cubano. Fuente: GEO CUBA 2007



**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

escenarios climáticos estimados, para un análisis comparativo con el estado de la línea base.

Manual para la evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación (U.S. Country Studies. 1996)

Los resultados de la evaluación de impactos pueden ser integrados por diferentes vías según Ron Benioff, Sandra Guill and Jeffrey Lee (1996) a saber:

Integración entre los sectores - utilizado para tratar las interacciones entre los distintos sectores. Uno de los ejemplos citados se refiere al hecho de que si el recurso agua se altera debido a cambios del clima podría impactar la productividad agrícola independientemente de los efectos directos de los cambios del clima sobre el sector agrícola.

Integración dentro de una métrica común - combina los resultados de cada sector en un conjunto de métricas comunes, para que puedan ser realizadas las comparaciones tangibles de impactos a través de todos los sectores. Los autores refieren como métricas comunes las siguientes:

- **Costos económicos.** Mediante el uso de una métrica común de costo económico, es posible comparar los resultados de diferentes sectores sobre una base consistente. También sería posible determinar la viabilidad económica de estrategias alternativas para adaptarse a los impactos del cambio climático. Sin embargo el desarrollo de cifras de costos para los impactos en cada sector puede ser muy difícil debido a que algunos impactos no son fáciles de expresar en términos de costo económico. Se considera una manera efectiva de técnica de análisis de integración en el caso donde existan suficientes datos económicos.
- **Población afectada.** En este caso el número de personas afectadas sería la métrica común y se usaría cuando el impacto más importante de una política o perspectiva social es la relacionada con la magnitud de las poblaciones humanas afectadas por un fenómeno dado. Los autores citan como ejemplo, el aumento del nivel del mar, la disminución de la productividad agrícola, la reducción del agua disponible, y el deterioro de la calidad del aire debido al cambio climático que pueden todos ser integrados en términos del número de personas impactadas por estos cambios.
- **Uso de la tierra.** Recomendada para los casos en que los impactos del cambio climático sobre varios sectores y/o los componentes de un sector dado no pueden ser expresados en términos económicos. Se brinda como ejemplo, la evaluación de los impactos en las tierras de cultivo, bosques y zonas costeras en términos de cantidad de tierra afectada por dichos impactos.

**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

Integración con análisis de mitigación. De aplicación, según los autores, en los casos en que el análisis de las opciones de mitigación de GEI, involucra sectores impactados lo que pudiera interferir en la estrategia de implementación de las opciones elegidas. Son varios los ejemplos citados. Uno de ellos es la plantación de árboles para aumentar el secuestro de CO₂, donde los cambios en el crecimiento de los bosques y en la composición de especies, debido a los cambios en el clima, podrían afectar a la viabilidad de la estrategia de reforestación. Otro ejemplo, es el relativo a la sustitución de combustible por otra forma de generación de energía, como es el caso del aumento del uso de la energía hidroeléctrica, con la consiguiente reducción de emisiones CO₂, que podría verse limitada si la capacidad de agua almacenada se reduce por efecto del cambio climático.

Integración con otros programas gubernamentales. Los autores recomiendan que, de ser posible, los resultados de la evaluación de impactos del cambio climático se deben tener en cuenta en los planes de manejo de recursos naturales en general y en las políticas y los programas de investigación previstos a futuro. Esta integración posibilitaría la aplicación de las medidas relacionadas con el cambio climático, porque serían parte de programas ya aprobados.

Enfoque integrado en estudios relacionados con el cambio climático en Cuba

Los primeros trabajos realizados en el tema del cambio climático en Cuba pueden ser considerados aproximaciones a un proceso de diseño mas completo de estudios de adaptación para el futuro. Existen tres antecedentes de trabajos sobre cambio climático que analizan el tema de manera integrada:

Primera Evaluación del Impacto del Cambio Climático en Cuba y Medidas de Adaptación (Gutiérrez et al, 1999): proyecto que se condujo en el seno del Programa Nacional de Ciencia *Cambios Globales y Evolución del Medioambiente Cubano*. Este resultado presentó los escenarios de cambio climático para los años 2010, 2030, 2050 y 2100, y para los sectores: Recursos hídricos, Zonas costeras y recursos marinos, Biodiversidad y Vida silvestre, Agricultura y Silvicultura, Asentamientos Humanos y Usos de la tierra y Salud humana, evaluó la línea base 1961 – 1990, analizó los impactos del cambio climático para los años correspondientes a los escenarios climáticos y propuso medidas de adaptación. En este trabajo no se realizó una evaluación integrada de sus resultados, pero se efectuó un ejercicio de integración en algunos sectores. La insuficiente integración fue debida, fundamentalmente, a que no fue posible en todos los sectores utilizar los escenarios climáticos estimados y el nivel de información y datos fue disímil.

Peligro y Vulnerabilidad por el Ascenso del Nivel del Mar, por el Cambio Climático para los años 2050 y 2100 (AMA, 2013): proyecto establecido desde el año 2007 y con ejecución en el presente, tiene como objetivo perfeccionar e incrementar periódicamente el conocimiento acerca de los escenarios del peligro por ascenso del nivel medio del mar y la vulnerabilidad en su dimensión ambiental de la zona costera cubana para los años 2050 y 2100, con vista a

**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

proponer las principales medidas de adaptación. El mismo incluye los efectos de las penetraciones del mar debido a la variabilidad climática para los años mencionados.

Para cumplir con sus propósitos aborda con una estructura de subproyectos las temáticas siguientes: 1) Modelo digital del terreno de la parte sumergida, 2) Batimetría del archipiélago cubano, 3) Estado de salud de los manglares y dunas costeras, 4) Movimientos verticales recientes de la corteza terrestre, 5) Tendencia del ascenso del nivel medio del mar y valores extremos, 6) Corrientes marinas en condiciones extremas, 7) Estado de salud de las crestas arrecifales, 8) Actualización y evaluación de las playas, 9) Surgencia y oleaje por ciclones tropicales, 10) Oleaje por eventos meteorológicos extremos, 11) Asentamientos costeros e infraestructura y 12) Integración.

El proyecto basa la integración en el soporte y análisis de los resultados, con el empleo de sistemas de información geográfica, a través de los que se obtienen salidas cartográficas.

Segunda Evaluación del Impacto del Cambio Climático en Cuba y Medidas de Adaptación (Planos et al, 2013): parte del proyecto Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, que se desarrolló en el Programa Científico Ramal *Análisis y Pronóstico del Tiempo y el Clima Terrestre y Espacial*. Esta evaluación tuvo un alcance mayor que la primera en cuanto a áreas y sectores evaluados, el nivel de integración y las conclusiones alcanzadas. La evaluación incluyó los capítulos siguientes: Cambios y variaciones del clima, Escenarios climáticos para los años 2050 y 2100, Recursos hídricos, Zonas costeras y recursos marinos, Diversidad biológica, Bosques, Agricultura, Asentamientos Humanos y usos de la tierra y Salud humana; así como la primera fase del Estudio de Caso *Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque* (Planos et al, 2013). En este resultado se logra una mayor integración a partir de la utilización de la misma línea base climática y escenarios climáticos para determinar los impactos y proponer medidas de adaptación. No obstante, los resultados mantuvieron un enfoque sectorial sin hacerse un análisis intersectorial, y , no se llevó acabo una evaluación de este tipo.

METODOLOGÍA DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

En la Segunda Evaluación del Impacto del Cambio Climático en Cuba y Medidas de Adaptación no se realizó una evaluación integrada de sus resultados, sin embargo el trabajo realizado permitió establecer un enfoque metodológico como punto de partida para los estudios que se realizaron en el Sur de Artemisa y Mayabeque, que resumidamente pueden expresarse de la manera siguiente:

- Determinación de la vulnerabilidad física, social y económica, basado en los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (PVR);
- Reconocimiento y demostración de las variaciones y los cambios ocurridos en el clima, lo cual se fundamenta en las redes de observación

**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

de las variables del ciclo hidrológico y la caracterización de una línea base climática de referencia;

- Estimación del clima del futuro, basado en los escenarios de emisiones publicados por el IPCC;
- Reconocimiento y demostración de las variaciones y los cambios ocurridos en los ecosistemas y sectores socioeconómicos seleccionados según el interés del país, para la línea base de referencia.
- Estimación y descripción de las variaciones y los cambios que pudieran ocurrir en los ecosistemas y sectores socioeconómicos seleccionados según el interés del país, en atención a los escenarios de cambio climáticos estimados.
- Elaboración de propuestas de medidas de adaptación en los ecosistemas y sectores socioeconómicos seleccionados según el interés del país, en respuesta al impacto que tendrían en su funcionamiento los escenarios de cambio climático determinados.

Criterio de expertos sobre los estudios de impacto del cambio climático y medidas de adaptación

Como parte del proceso de preparación de la metodología aplicada, se realizó un taller de expertos de alto nivel científico no vinculados al desarrollo de la mencionada Segunda Evaluación y Estudio de Caso (SCN, 2013), quienes previa valoración de los resultados alcanzados, complementaron el enfoque metodológico con las observaciones siguientes (la relación de expertos aparece en el Anexo 1):

Sobre vulnerabilidad, escenarios climáticos e impactos

- La línea base debe establecerse teniendo en cuenta estudios de vulnerabilidad (física, económica, científica, tecnológica y social), que aporten una base que permita construir relaciones de escala entre todos los componentes del sistema, y que sea representativa del territorio donde se analizará el impacto del cambio climático.
- En la construcción de la línea base es fundamental la evaluación de las capacidades económicas, del estado del conocimiento científico e ingenieril, de las tecnologías disponibles, las redes sociales y la capacidad del gobierno y la gobernabilidad.
- Para el establecimiento de la línea base es muy importante tener una visión ecosistémica, de manera que no existan divisiones entre los componentes del sistema objeto de análisis y que las evaluaciones sean integrales.
- En cuanto a las estimaciones de los escenarios climáticos, es necesario acortar la escala temporal, acercarla más al presente, sobre todo para que puedan ser considerados en los planes de desarrollo del país.
- Es imprescindible una evaluación económica de los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación, que refleje claramente la estimación de las pérdidas y beneficios; teniendo en cuenta que la sinergia entre los problemas económicos y los actores económicos cambian con el tiempo.

***Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación
Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque***

- Hay que rescatar el papel de la ciencia; porque los temas científicos, como sustento del desarrollo, han pasado a segundo plano algunos sectores en Cuba.

Sobre la adaptación

- Es esencial conocer que el basamento de un buen estudio de adaptación es el conocimiento de lo que se espera sea el clima del futuro
- En los estudios de adaptación al cambio climático debe quedar claramente delimitado que la estrategia de adaptación a este fenómeno y la estrategia de respuesta ante fenómenos meteorológicos o a otros problemas ambientales del presente, son cosas distintas. La estrategia de respuesta inmediata a estos fenómenos forma parte de los planes de contingencia que para casos de desastres existen en los países; mientras que desde el punto de vista de la adaptación al cambio climático, la valoración de los fenómenos meteorológicos, sobre todo de los extremos, debe ser parte del reconocimiento de la vulnerabilidad y del análisis de cómo reducirla, como punto de partida de la adaptación. La adaptación hay que verla a largo plazo y relacionada con el escenario progresivo del país.
- El horizonte temporal debe ser bien precisado, definiendo los impactos existentes desde ahora, de manera que se tengan en cuenta en las inversiones que se planifiquen. Esta práctica puede inducir la revisión de inversiones ya decididas e inversiones no previstas o pensadas para el futuro.
- Las medidas de adaptación deben plantearse considerando 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.
- El proceso adaptativo es esencial, no se puede esperar que de un estudio preliminar se deriven inversiones; es un proceso largo derivado de la incertidumbre sobre el clima futuro. Muchos aspectos de la adaptación están vinculados a otros temas de manejo de recursos. No obstante, es necesario encontrar vías para que los planes de desarrollo del país a mediano y largo plazos tengan en cuenta el impacto del cambio climático, incorporándoles cuando correspondan las medidas de adaptación que se propongan, las cuales deben ser revisadas y precisadas con la marcha del tiempo.
- Desde el presente es necesario tener regulaciones y normas técnicas que consideren el impacto del cambio climático, sobre todo para las actividades que ejecuten obras de larga vida útil.
- Como consecuencia de lo anterior deben reforzarse o desarrollarse proyectos ejecutivos, como la reforestación de las márgenes fluviales y las costas, que contribuyen a la adaptación al cambio climático.
- La adaptación en la esfera del agua es esencial. Sin embargo, la visión que existe de este problema en el campo de los recursos hídricos es limitada; solo se habla del manejo y la gestión del recurso. La adaptación debiera considerar seriamente la disponibilidad y calidad futura de agua y su relación con los planes de desarrollo; el impacto sobre la infraestructura

**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

hidráulica y su operatividad y el agua como componente del ecosistema. El impacto del cambio climático sobre el agua, por la importancia y valor de este recurso, pudiera ser considerado uno de los impactos más perjudiciales del cambio climático en Cuba.

- Desde el punto de vista social hay que tener presente que el desarrollo económico priorizado en determinados polos, como el caso del Mariel, determina un proceso migratorio por incentivos económicos, que implica un deterioro de la fuerza de trabajo en otros sectores, fundamentalmente el agrícola.
- La defensa es un tema importante a considerar, y cómo es afectada su estructura y funcionamiento.
- El papel de la ciencia constituida es primordial para el enfrentamiento del cambio climático; pero también debe desarrollarse un proceso de adaptación en esta esfera.
- En los ecosistemas se habla de la fragmentación, degradación y reducción o desaparición de las especies, y esto debe ser reflejado en medidas de adaptación, con estrategias de conservación in situ para las especies amenazadas y protegidas, que debe ser extendida a otras especies. Es muy importante considerar el impacto de las especies exóticas invasoras.
- Para las medidas de adaptación en los ecosistemas es imprescindible ver otros ecosistemas costeros y su relación con los ecosistemas interiores.
- Hay que trabajar en la valoración de los servicios ambientales y su pago

Sobre el análisis integrado

- Hay que integrar impactos, adaptación y desarrollo socioeconómico; definiendo objetos de estudios como: (1) aspectos sociales expresados en los sectores económicos y (2) sectores económicos claves. Para esto, es necesario desarrollar métricas que sean indicadores de: capacidad, impactos y adaptación.
- La integración requiere la identificación de conflictos y sinergias entre los impactos y medidas de adaptación.
- La integración y las propuestas de adaptación deben ser conciliadas, viendo que pasará en los sectores sociales para minimizar los riesgos asociados.
- Debe considerarse la localidad y el papel del gobierno, buscar una sinergia con el desarrollo local.

La comisión de expertos independientes convocada para evaluar los resultados alcanzados en el proyecto *Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque*, y particularmente para trazar pautas para un desarrollo de una metodología para la integración, consideró que dentro del proyecto se había avanzado mucho en esta temática y no era posible en este momento preparar una metodología, dada las múltiples y complejas relaciones existentes entre los componentes del medio ambiente y el gran volumen de datos e informaciones necesarios.

***Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación
Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque***

Visión del IPCC en su V Reporte sobre los impactos del cambio climático y la adaptación

En un resumen del Informe Ejecutivo del V Reporte del IPCC, elaborado por Gutiérrez (2013), se sintetizan los principales riesgos asociados al cambio climático y, en correspondencia con ellos, los enfoques de la adaptación. Para el análisis integrado, es indispensable tener en cuenta estos elementos, razón por la cual a continuación se exponen los aspectos esenciales del mencionado resumen, con algunos comentarios adicionales.

Impactos Observados, Vulnerabilidad y Adaptación en un Mundo Complejo y Cambiante

- En décadas recientes los cambios en el clima han ocasionado impactos en sistemas naturales y humanos en todos los continentes y en los océanos.
- Los cambios en la precipitación y el derretimiento de la nieve y el hielo están alterando los sistemas hidrológicos, afectando los recursos hídricos en términos de cantidad y calidad.
- Muchas especies terrestres, marinas y de agua dulce han variado su distribución geográfica, actividades estacionales, patrones migratorios, abundancia e interacción con otras especies en respuesta al cambio climático en marcha.
- Basado en muchos estudios que cubren un amplio rango de regiones y cultivos, los impactos negativos del cambio climático son mucho más comunes que los positivos.
- Las diferencias en la vulnerabilidad y la exposición ocasionadas por factores no climáticos y por desigualdades multidimensionales a menudo son producidas por procesos de desarrollo desigual. Estas diferencias condicionan o conforman riesgos diferentes derivados del cambio climático.
- Los fenómenos meteorológicos extremos y el comportamiento anómalo del clima exacerban otros factores de estrés, con resultados frecuentemente negativos para los medios de vida, en especial para las personas que viven en condiciones de pobreza.
- Las experiencias de adaptación se están acumulando en todos los niveles y estructuras de la sociedad. Los gobiernos a distintas instancias han comenzado a desarrollar planes y políticas de adaptación, y a integrar las consideraciones relativas al cambio climático en los planes de desarrollo más amplios.

***Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación
Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque***

- Las opciones de adaptación y mitigación que se seleccionen a corto plazo afectarán los riesgos del cambio climático a todo lo largo del siglo XXI.
- Las incertidumbres sobre la futura vulnerabilidad, exposición, y respuesta de los sistemas naturales y humanos inter-vinculados son grandes. Esto motiva la exploración de un amplio rango de posibles futuros socioeconómicos en las evaluaciones de riesgos.

Riesgos Futuros y Oportunidades para la Adaptación

- i) Riesgo de muerte, lesiones, enfermedades y serias afectaciones para la vida en zonas de costas bajas y pequeños estados insulares en desarrollo y otras pequeñas islas, debido a las tormentas, inundaciones costeras y elevación del nivel del mar.
- ii) Riesgo de severas enfermedades y afectaciones para la vida para grandes poblaciones urbanas debido a las inundaciones interiores en algunas regiones.
- iii) Riesgos sistémicos debido a eventos meteorológicos extremos que provocan quiebra en las redes de infraestructura y en servicios críticos tales como electricidad, suministro de agua, salud y servicios de emergencia.
- iv) Riesgo de mortalidad y morbilidad durante períodos de calor extremo, particularmente para poblaciones urbanas vulnerables, y para aquellos que trabajan en exteriores en áreas urbanas o rurales.
- v) Riesgo de inseguridad alimentaria y ruptura de los sistemas alimentarios vinculados con el calentamiento, la sequía, las inundaciones, y la variabilidad y eventos extremos de precipitaciones, particularmente para las poblaciones más pobres en asentamientos urbanos y rurales.
- vi) Riesgo de pérdida de los medios de vida rurales y de los ingresos, debido al acceso insuficiente de agua para beber y para la irrigación, y reducción de la productividad agrícola, particularmente para campesinos y pastores con capital mínimo en regiones semiáridas.
- vii) Riesgo de pérdida de los ecosistemas marinos y costeros, la biodiversidad y los bienes de los ecosistemas, funciones y servicios que ellos proveen para la supervivencia en zonas costeras.
- viii) Riesgo de pérdidas de los ecosistemas terrestres y de aguas interiores, la biodiversidad y los bienes de los ecosistemas, funciones y servicios que ellos proveen para la supervivencia.

Teniendo en cuenta los criterios que respecto al análisis sectorial expresaron los expertos cubanos de alto nivel científico ya referidos, es importante tener en cuenta lo que al respecto analiza el IPCC (Gutiérrez, 2014):

Se proyecta que el cambio climático amplifique los riesgos climáticos existentes así como que cree otros nuevos en los sistemas naturales y humanos. Por tanto, es fundamental la evaluación sectorial de su impacto en relación con los riesgos antes descritos, para establecer prioridades territoriales y la manera de conducir un análisis integrado. En este sentido, el IPCC indica lo siguiente:

***Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación
Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque***

Recursos de agua dulce: se proyecta que el cambio climático en el siglo XXI reduzca significativamente los recursos de agua superficial renovable y los recursos de aguas subterráneas en la mayor parte de las regiones subtropicales secas, intensificando la competencia por agua entre sectores (en Cuba los escenarios son similares).

Ecosistemas terrestres y de agua dulce: gran parte de las especies terrestres y de agua dulce enfrentan un incremento en el riesgo de extinción bajo el cambio climático proyectado durante el siglo XXI.

Sistemas costeros y zonas bajas: debido al incremento del nivel del mar proyectado para el siglo XXI y más allá, los sistemas costeros y las áreas bajas experimentarán de forma creciente impactos adversos tales como sumergimiento, inundaciones costeras y erosión costera.

Sistemas marinos: para mediados del siglo XXI y más allá, la redistribución global de especies marinas y la reducción de la biodiversidad marina en regiones sensibles representarán un desafío para la sostenibilidad de la productividad pesquera y de otros servicios ecosistémicos. Para los escenarios de emisiones entre medios y altos, la acidificación del océano representa un riesgo sustancial para los sistemas marinos, en particular para los ecosistemas polares y los arrecifes coralinos, asociados con los impactos en la fisiología, el comportamiento y dinámica poblacional de las especies individuales desde el fitoplancton hasta los animales.

Seguridad alimentaria y sistemas de producción de alimentos: para los cultivos principales (trigo, arroz y maíz) en zonas tropicales y templadas, se proyecta que el cambio climático sin adaptación impactará negativamente en la producción para incrementos de la temperatura local de 2°C o más por encima de los niveles de finales del siglo XX. Todos los aspectos de la seguridad alimentaria están potencialmente afectados por el cambio climático, incluyendo el acceso a los alimentos, su utilización y la estabilidad de sus precios.

Áreas urbanas: muchos riesgos globales del cambio climático se concentran en áreas urbanas. Los esfuerzos que construyen resiliencia y facilitan el desarrollo sostenible pueden acelerar una adaptación exitosa al cambio climático globalmente.

Áreas rurales: se esperan grandes impactos futuros en áreas rurales, debido a impactos en la disponibilidad y oferta de agua, seguridad alimentaria, e ingresos agrícolas, incluyendo cambios en las áreas de producción de alimentos y cultivos no alimentarios a nivel global.

Sectores económicos y servicios claves: se proyecta que para la mayoría de los sectores económicos, los impactos de factores tales como cambios en la población, estructura de edades, ingreso, tecnologías, precios relativos, estilos de vida, regulaciones y gobernabilidad serán grandes en comparación con los impactos del cambio climático.

***Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación
Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque***

Salud humana: hasta mediados del siglo, el cambio climático impactará la salud humana, principalmente por la vía de exacerbar los problemas de salud que ya existen. A lo largo del siglo XXI se espera que el cambio climático conduzca al incremento de las enfermedades en muchas regiones y especialmente en los países en desarrollo de bajos ingresos, en comparación con un escenario de referencia sin cambio climático.

Seguridad humana: se proyecta que el cambio climático en el siglo XXI incremente el desplazamiento de personas, y que pueda indirectamente incrementar los riesgos de conflictos violentos. Los impactos del cambio climático sobre la infraestructura crítica y la integridad territorial de muchos estados se espera que influya en las políticas de seguridad nacional.

Supervivencia y pobreza: se proyecta que los impactos del cambio climático a lo largo del siglo XXI hagan más lento el crecimiento económico y más difícil la reducción de la pobreza.

Principios para una adaptación efectiva

- La adaptación es específica para cada lugar, por lo que no hay un enfoque único para la reducción de riesgos que resulte apropiado para todos los contextos.
- La planificación e implementación de la adaptación puede facilitarse con acciones complementarias a través de niveles, desde los individuos a los gobiernos.
- Un primer paso hacia la adaptación ante el cambio climático futuro es la reducción de la vulnerabilidad y exposición a la presente variabilidad climática. Las estrategias incluyen acciones con co-beneficios para otros objetivos.
- La planificación e implementación de la adaptación a todos los niveles de gobernabilidad depende de valores sociales, objetivos y percepción de riesgos. El reconocimiento de diversos intereses, circunstancias, contextos socio-culturales y expectativas puede beneficiar el proceso de la toma de decisiones.
- La deficiente adaptación, que sobredimensiona los resultados a corto plazo, o que falla en anticipar suficientemente las consecuencias, puede resultar en mala adaptación.
- Existen co-beneficios, sinergias y compensaciones significativas entre la mitigación y la adaptación, y entre distintas respuestas de adaptación; ocurren interacciones dentro y a través de las regiones.

Aproximación a una guía metodológica de análisis integrado del impacto del cambio climático y las medidas de adaptación

Concordando con la opinión de estos expertos, el proyecto solo se propuso establecer bases metodológicas para su desarrollo en la continuación del referido Estudio de Caso, en el marco de la Tercera Comunicación Nacional de Cuba a la CMNUCC. Para elaborar estas bases se tomaron en cuenta las

***Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación
Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque***

metodologías descritas en los antecedentes y la experiencia obtenida en la SCN.

Las relaciones que se establecen entre los componentes de un territorio son muchas y muy complejas, de manera que es muy difícil plantearse un modelo de relaciones de todos con todos. Por ello, es importante determinar cuáles son los componentes del territorio que rigen el desarrollo en el mismo, con el objetivo de decidir después cual modelo seguir para realizar el análisis integrado.

Dado el conocimiento de la línea base y de los escenarios climáticos puede haber varias maneras de ver la integración de los impactos; dos pueden ser las siguientes:

- Se determinan los impactos en sectores, ecosistemas u otras áreas y se realiza un análisis holístico que permita conocer el efecto del cambio climático sobre un territorio.
- Se determinan los impactos en un sector, ecosistema o área y se construyen las relaciones de estos con los componentes del medioambiente (todos o una selección de ellos). Este segundo enfoque aún no ha sido desarrollado de manera práctica en Cuba.

Por su parte, el análisis integrado de la adaptación es más complejo, y debiera formularse de manera específica para un sector, ecosistema u otra área particular que se considere, cuidando que la medida de adaptación que se implemente no tenga efectos negativos severos sobre otro componente del medioambiente. Para este análisis es sumamente importante considerar los aspectos identificados por el grupo de expertos independientes, ya citado anteriormente:

Lo anterior se puede lograr con un análisis multicriteria, que considere adecuadamente para cada medida de adaptación todos los aspectos relacionados con ella, con énfasis en los económicos y el costo-beneficio de la medida. Esta experiencia solo se ha empleado para los estudios de mitigación en Cuba, en el contexto de la Segunda Comunicación Nacional (Llanes y Somoza, 2013).

A partir de la experiencia resultante del estudio en el sur de Artemisa y Mayabeque, el criterio de los expertos independientes y de las metodologías analizadas, la Figura 3 resume un enfoque metodológico para el análisis integrado a escala local. Está compuesto por cinco bloques de trabajo:

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

***Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación
Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque***

Análisis estado del medioambiente y establecimiento de línea base

Consiste en una evaluación del estado del medioambiente para un período preferiblemente no menor de 30 años. Se trata de reconocer y caracterizar los elementos fundamentales del desarrollo humano y de los ecosistemas predominantes en el área de estudio, acompañado de la identificación y descripción de los sectores socioeconómicos y ecosistemas principales. Como parte del análisis se requiere determinar la dinámica evolutiva de los componentes del territorio y las interrelaciones que entre ellos existen. Es imprescindible, según proceda, realizar una caracterización climática, hidrológica y oceanográfica, estimando también las tendencias locales y regionales para caracterizar la variabilidad. Esto debe hacerse con una visión ecosistémica, de manera que no existan divisiones entre los componentes del sistema objeto de análisis y que las evaluaciones sean integrales. Sobre la base de estos elementos, se efectuará una valoración de la vulnerabilidad, peligros y riesgos físicos, sociales y económicos, lo cual es el objetivo fundamental de esta etapa.

Este tipo de trabajo se fundamenta en la compilación y análisis de estudios precedentes. La realización de investigaciones específicas adicionales dependerá del grado de estudio que tenga el territorio. Las fuentes de información para este examen son muy variadas: resultados de proyectos de investigación, bases de datos de variables medioambientales, datos e informaciones de la Oficina Nacional de Estadística e Información, entre otras.

Como resultado de este análisis se determina la línea base, que no necesariamente tiene que cubrir todo el período utilizado para evaluar el estado del medio ambiente. La línea base es un requisito indispensable para cualquier metodología sobre impactos del cambio climático. Esta se utiliza como referencia para determinar, por comparación entre ella y los escenarios climáticos, el sentido y la magnitud del cambio. Desde el punto de vista científico, lo ideal es que este período sea representativo del comportamiento del clima; aunque en la práctica, para las comunicaciones nacionales a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático se ha utilizado el período 1961 – 1990 como patrón de referencia mundial. Con este mismo sentido, muy recientemente la OMM ha propuesto tomar la norma 1981-2010 como la más adecuada y recomendada para estudios actuales, al tener ya incorporadas las grandes variaciones observadas a fines del siglo XX e inicios del XXI (OMM, 2013).

Las técnicas que deben ser utilizadas en este desarrollo son también diversas, dependiendo del grado de procesamiento que requiera la información y los datos disponibles, entre ellas modelación de procesos, análisis multivariado, aplicaciones estadísticas, trabajo en grupo de expertos, encuestas, entre otros.

La línea base debe ser detalladamente caracterizada. Su definición debe fundamentarse en los estudios de vulnerabilidad realizados en el bloque precedente (física, económica, científica, tecnológica y social), debe ser representativa del territorio que se estudia y un requisito indispensable es la evaluación de las capacidades económicas, del estado del conocimiento

**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

científico e ingenieril, de las tecnologías disponibles, las redes sociales y la capacidad del gobierno y la gobernabilidad.

Uno de los resultados principales de esta etapa del trabajo debe ser conocer cuáles son los componentes que guían el desarrollo del territorio, lo que repercutirá después en la elección del enfoque del análisis integrado de los impactos y de la adaptación.

El proceso de análisis integrado debe ser contemplado desde la creación de la línea base, lo que significa que la caracterización de los componentes del territorio debe ser realizada para las condiciones climáticas que definan este período. En la experiencia cubana relacionada con los estudios de cambio climático y la definición de la línea base, incluso en la determinación de los impactos del cambio climático, muchas veces determinados componentes son descritos al margen del comportamiento climático de la línea base.

Estimación de escenarios futuros

Al margen de la gran complejidad de este tema, para una metodología de la naturaleza de la que aquí se discute, desde el punto de vista científico esta es una tarea bien establecida. Se trata de estimar escenarios climáticos del futuro con las herramientas de modelación disponibles. Es sumamente importante tener las salidas de varios modelos, con el objetivo de establecer un criterio de concordancia de sus salidas, para establecer el sentido más probable del cambio climático y su magnitud. En este sentido, dada la incertidumbre de los resultados de la modelación de la magnitud del cambio en el comportamiento de las variables meteorológicas, en los estudios de vulnerabilidad y adaptación desarrollados en Cuba para la SCN, se prestó más atención al sentido del cambio (Planos et al, Editores, 2013)

Para la modelación del clima, en Cuba se utiliza el PRECIS, *que es un sistema de modelación climática regional desarrollado por el Centro Hadley del Reino Unido, que puede ser ejecutado en computadoras personales. El sistema está compuesto por: i) un modelo atmosférico y de la superficie terrestre (HadRM3P), que puede ser aplicado a cualquier área del globo terrestre para generar proyecciones detalladas del cambio climático; ii) una interfase simple para fijar los parámetros y ejecutar el modelo; y iii) un paquete de visualización y procesamiento de datos que permite mostrar y manipular los resultados del MCR. (ver Jones et al (2004) para una descripción más detallada). El modelo HadRM3P encapsulado dentro de PRECIS tiene 19 niveles en la vertical y permite escoger entre dos resoluciones espaciales: 50 km, como se utiliza en esta investigación y es el estándar para grandes áreas (Marengo et al, 2009) y 25 km para áreas más pequeñas donde la mayor resolución es particularmente importante (Centella y Bezanilla, 2012).*

Con los índices de cambio de las variables meteorológicas (respecto a la línea base) obtenidos con la modelación del clima, se estiman los escenarios hidrológicos y oceanográficos; aunque para éste último la modelación climática no incluye el ascenso del nivel del mar, que es adquirido de las publicaciones del IPCC o en la red de mareógrafos de Cuba (Hernández, 2013).

***Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación
Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque***

Para los escenarios hidrológicos, en el país se han empleado metodologías basadas en el balance hídrico y en la modelación del flujo de agua superficial y subterránea (Planos et al, 1999; Rivero, 2000). Y en el caso de los escenarios oceanográficos se ha prestado más atención al ascenso del nivel medio del mar, utilizando las fuentes mencionadas, conjuntamente con una caracterización de la circulación marina alrededor de Cuba y mares adyacentes.

El objetivo fundamental de este bloque de análisis es lograr una caracterización lo más detallada posible de los escenarios climáticos, hidrológicos y oceanográficos del futuro, acompañado de una base de datos contentiva de todas las variables posibles de estimar (Cuadro 1). Los escenarios climáticos deben, en lo posible, proyectarse a partir de fecha cercana al presente, con dos propósitos: contrarrestar la poca atención que provoca hablar de escalas temporales futuras a la vista de 50 años o más y para que puedan ser considerados en los planes de desarrollo del país.

Estimación de los impactos del cambio climático

Este es uno de los objetivos principales de los estudios relacionados con el cambio climático. El grado de detalle y el enfoque de integración que se utilice dependerá de la resolución espacial y temporal con que se caracterizó la vulnerabilidad, la línea base y los escenarios. En la práctica, se trata de caracterizar cómo será el estado del medioambiente y las relaciones que se establecerán entre todos sus componentes bajo los escenarios previamente determinados.

En Cuba se han desarrollado diversas investigaciones sobre impactos del cambio climático y medidas de adaptación. Por su alcance y resultados prevalecen dos de éstas: los trabajos realizados sobre el impacto del ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100 (Macroproyecto, AMA 2000 al presente), y los elaborados bajo el mandato de las comunicaciones nacionales de Cuba (PCN, 2000 y SCN, 2013). En estos resultados, como en otros que se han obtenido relacionados con el tema, el nivel de integración se ha limitado a un sector o ecosistema.

Una carencia significativa en los resultados alcanzados es una evaluación económica de los impactos del cambio climático y de las medidas de adaptación, que refleje claramente la estimación de las pérdidas y beneficios; teniendo en cuenta que la sinergia entre los problemas económicos y los actores económicos cambian con el tiempo.

**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

Cuadro 1. Ejemplo de escenarios climático, hidrológico y oceanográfico (Planos et al, Editores, 2013)

El escenario climático más probable obtenido para el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque, ¿????? se caracteriza por un aumento importante de la temperatura del aire; que en el periodo invernal oscilará entre 2.6°C y 3.6°C y en el periodo lluvioso puede alcanzar 4.2°C. Por su parte, la precipitación podría disminuir entre 10 y 20%. El incremento de la temperatura y la reducción predominante de la precipitación en el periodo lluvioso sobre la región son coherentes con la disminución de la humedad relativa del aire. De esta forma, el clima se hará progresivamente más árido, llegando a alcanzar con el tiempo la categoría de subhúmedo seco, y por tanto susceptible a los procesos de desertificación.

El efecto combinado del intenso calentamiento futuro y la reducción de las precipitaciones, principalmente durante el periodo lluvioso, provocará una merma importante de los recursos hídricos disponibles, que según estimaciones realizadas por balance hídrico climático, pudiera, en el 2100, oscilar entre 15 y 63% del volumen de agua calculado para la línea base 1961 – 1990, en dependencia del escenario de emisiones que se seleccione. Pero este deterioro de la disponibilidad hídrica puede ser aún mayor considerando primero que la disminución de la precipitación provoca que el proceso de transformación de la lluvia en escurrimiento disminuya mucho, como consecuencia de la competencia por el agua que existirá entre todos los sistemas ambientales y, en segundo lugar, por el impacto del ascenso del nivel del mar en el agua subterránea, que incrementará la intrusión marina. Con el aumento del nivel medio del mar, la intrusión marina avanzaría extraordinariamente tierra adentro; a la vez que el ascenso vertical de la cuña de intrusión se incrementaría considerablemente, reduciendo las capacidades de los acuíferos. El escenario marino costero en el año 2100 se caracterizará por un retroceso máximo de la costa de 7 kilómetros (para 85 cm de ascenso del nivel medio del mar para el 2100); y se estima que las corrientes marinas podrían ser 0,3 m/s más rápidas que en la actualidad; que ocurrirá un aumento de la profundidad de la plataforma, y como consecuencia de esto, el intercambio con las aguas oceánicas adyacentes será mayor. Estas condiciones afectarán el proceso de erosión – acumulación a lo largo de la costa, cambiando la distribución espacial de los sedimentos. Por otra parte, aumentará el plano de las fluctuaciones de la marea y de las variaciones aperiódicas del nivel del mar, en condiciones de régimen y durante eventos atmosféricos extremos.

La experiencia obtenida en el proyecto del sur de Artemisa y Mayabeque y las discusiones llevadas a cabo dentro de este proyecto, permitieron identificar dos enfoques fundamentales para el análisis integrado:

- Enfoque general: análisis holístico, a nivel de escenario, con el cual se obtendrá una visión general de los impactos (Cuadro 2), donde es esencial que para todos los elementos se utilice una línea base y escenarios comunes.
- Enfoque a partir de componentes predominantes: habiendo sido identificados y caracterizados los elementos que guían el desarrollo del territorio, se trata de establecer como funcionarían éstos bajo los escenarios estimados, y cómo el impacto del cambio climático en ellos repercutirá en el funcionamiento general del sistema.

**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

No existe aún claridad sobre cómo integrar este tipo de enfoque en una metodología única, aunque debe basarse en una combinación de técnicas que incluya el juicio de expertos, intercambios con la comunidad y las autoridades locales. Las técnicas de análisis multivariado o multicriteria deben ser un recurso muy potente para determinar la importancia y prevalencia del impacto (Cuadro 3); este procedimiento ha sido empleado en los trabajos de mitigación hechos en Cuba y en estudios de impactos llevado a cabo por expertos cubanos en la Región del Caribe (Llanes, 2012 y Llanes et al, 2013).

La tabla 1 expone un ejemplo simple de análisis multicriteria, basado en juicio de expertos, con algunos de los impactos del cambio climático en el sur de Artemisa y Mayabeque. De este ejemplo se deduce que los problemas principales en el área están relacionados con el agua, seguidos por la pérdida de territorio por el ascenso del nivel medio del mar y en tercer orden, la pérdida de diversidad biológica.

Tabla 1. Ejemplo de matriz de evaluación de impacto de cambio climático en el desarrollo humano

| Impactos | Criterios de evaluación de impacto | | | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|------------------|----------------------------|--------------|----------------------|----------------------|
| | Disponibilidad de agua | Calidad del agua | Sostenibilidad de cultivos | Masa porcina | Ecosistemas costeros | Diversidad biológica |
| Reducción de las precipitaciones | Muy alto | Alto | Muy Alto | Alto | Medio | Muy Alto |
| Intrusión salina | Muy alto | Muy alto | Alto | Alto | Bajo | Muy alto |
| Déficit de agua | Bajo | Bajo | | Bajo | Bajo | Ato |
| Aumento temperatura | Alto | Alto | Alto | Muy alto | Alto | Alto |
| Aumento nivel del mar | Alto | Muy alto | Alto | Bajo | Muy alto | Muy alto |

**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

Cuadro 2. Ejemplo de análisis holístico del impacto del cambio climático en el sur de Artemisa y Mayabeque (Planos et al, 2013)

Los impactos de los escenarios climático, hidrológico y marino sobre los ecosistemas de la región pueden ser trascendentales. Se producirá una fragmentación y degradación del hábitat, disminuirán y se extinguirán especies terrestres y marinas; se reducirán y desaparecerán humedales; habrá cambios fisiológicos en especies vegetales, modificando su fenología, la vegetación arbórea costera migrará al norte, en especial los manglares, donde ya han comenzado a manifestarse procesos adaptativos en algunas especies; las formaciones naturales, plantaciones forestales y áreas agropecuarias que suceden a los bosques costeros serán sostenidamente afectadas por la migración de los bosques y otros procesos que ocurren en ellos, disminuyendo progresivamente sus superficies y calidades edáficas. Los ciclones tropicales siempre han constituido una importante causa de afectación y destrucción; y atendiendo a los escenarios previstos, el impacto demoledor de los huracanes se incrementará con independencia de su categoría, siendo catastrófica en el caso de un huracán de categoría máxima, que puede provocar una surgencia con una sobre elevación del mar superior a los 8 m de altura en la zona de Surgidero de Batabanó y una profundidad de penetración tierra adentro considerable. Todos estos impactos pueden ser más severos si no se produce una transformación consecuente de la intervención humana en el territorio.

La agricultura de la región, una de las principales actividades socioeconómicas que en ella se realizan, será severamente afectada por la aridización del clima y la disminución paralela de la evapotranspiración real de los ecosistemas, lo que hará caer su productividad primaria neta y la densidad potencial de biomasa. Se acortará progresivamente la duración en días de las fases fenológicas de cultivos importantes, incluyendo la duración total de los ciclos de cultivo; y como consecuencia, los rendimientos potenciales decrecerán. Los escenarios combinados de elevación de las temperaturas, descenso de las precipitaciones, disminución del potencial hídrico y de la calidad del agua, reducción de las áreas agrícolas como consecuencia del retroceso de la costa y la migración de los ecosistemas costeros, conllevarán a impactos superiores sobre la producción agrícola total y la cría de animales que aquel derivado del impacto directo del aumento de las temperaturas y reducción de las precipitaciones.

El impacto del cambio climático sobre la población repercutirá en la calidad de vida, comenzando por el deterioro del confort climático e hídrico, debido a las altas temperaturas y la carencia de agua. Las consecuencias que se producirán en la actividad agrícola afectarán a la población no solo de la región sino del país y particularmente de la capital de la República; la repercusión principal estará en dos direcciones, la primera y más importante relacionada con la disminución de la producción de alimentos fundamentales en la dieta cubana y, en otro sentido, con el cambio que pudiera producirse en la ocupación laboral de quienes se dedican a los cultivos tradicionales de este territorio. Por otra parte, el incremento del peligro, fundamentalmente ocasionado por los huracanes, hará a los pobladores más vulnerables. La salud humana será más vulnerable debido al aumento y modificación de los patrones de alza estacional de las Enfermedades Diarreicas Agudas y las Infecciones Respiratorias Agudas, así como la presencia del *Aedes Aegypti* durante todo el año.

**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

Cuadro 3. Sobre el uso de métodos de análisis multivariado o multicriteria

Según

Propuestas de medidas de adaptación

En la estrategia cubana de enfrentamiento al cambio climático, la adaptación es el objetivo fundamental. La propuesta de medidas de adaptación y su ulterior implementación constituyen los aspectos más difíciles en estos estudios, por muchas razones: la transformación que puede representar para un territorio, los recursos que se requieren para ello, el impacto social de las medidas, entre otras que de conjunto representan una decisión política a tomar con cierto nivel de incertidumbre. En este sentido, en la SCN se establecieron algunos principios que deben ser estandarte para una metodología de análisis integrado:

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

Por otra parte, la adaptación hay que verla a mediano y largo plazo, relacionada con el escenario progresivo del país; razón por la cual el horizonte

**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

temporal debe ser bien precisado, preferiblemente a partir de fechas cercanas al presente y con un sistema de monitoreo que garantice la confirmación del sentido y magnitud del cambio, definiendo impactos que ya existen. Para formularlas es necesario considerar integralmente todos los aspectos de la sociedad, planteándose desde la escala local hasta la de país; incluyendo temas como la participación comunitaria, sensibilización y educación.

Los dos enfoques de trabajo descritos antes para el análisis de los impactos son aplicables a la elaboración de medidas de adaptación.

El enfoque general del análisis integrado permite plantear un marco conceptual para la adaptación a diferentes escalas (país, región, provincia, municipio, ecosistema, cuenca), así como para los componentes del territorio que se analiza (Cuadro 4)

Cuadro 4. Ejemplos de marco conceptual para la adaptación al cambio climático

Recursos hídricos: implementar mejoras tecnológicas para lograr un manejo, conservación y protección más eficiente del recurso. Reubicación de fuentes.

Agricultura: uso de tecnologías de protección de cultivos y del ganado porcino, Obtención e introducción de variedades de cultivos con rendimientos potenciales superiores y de razas porcinas resistentes, en presencia de altas temperaturas y déficit de agua. —Cambios en la gama de cultivos, sobre la base de estudios de regionalización de cultivos, implementados sistemáticamente a medida que evolucione el clima.

El enfoque a partir de componentes predominantes en la adaptación es mucho más complejo, debido al carácter multivariado de las relaciones que se establecen en cualquiera de las escalas que se trabaje, tanto en la dimensión temporal como en la espacial.

Continuando con la secuencia propuesta en esta base metodológica para el análisis integrado, en este momento del trabajo se tienen identificados a nivel sectorial y de ecosistema, cuales son los componentes que guían el desarrollo del territorio; razón por la cual la propuesta de medidas de adaptación en estos deben plantearse considerando como impactarían en el funcionamiento del resto de los elementos del territorio. Lo anterior no excluye que se propongan medidas de adaptación para el resto de los ecosistemas, sectores o actividades no consideradas como fundamentales.

En este caso, el procedimiento de análisis sería similar al presentado para el bloque de *Estimación de los impactos del cambio climático*, una combinación de técnicas que incluya el juicio de expertos, intercambios con la comunidad y las autoridades locales, combinado con el empleo de técnicas de análisis multivariado o multicriteria para determinar, en este caso, la conveniencia de la medida de adaptación (Cuadro 5).

**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

Cuadro 5. Ejemplo de análisis multicriteria (NAIADE system) para determinar medidas de adaptación en el sector de agua en la Región del Caribe

Considerando un escenario de déficit de agua, se valoraron las siguientes alternativas de adaptación con el NAIAD E:

- Desalinización con tres tipos de sistemas de energía
- Adaptación en la agricultura con cambios en los cultivos
- Cosecha de agua y construcción de pequeños embalses
- Reciclado de aguas residuales
- Ahorro de agua en las redes de suministro

Matriz de análisis de adaptación en el sector agua de la Región del Caribe

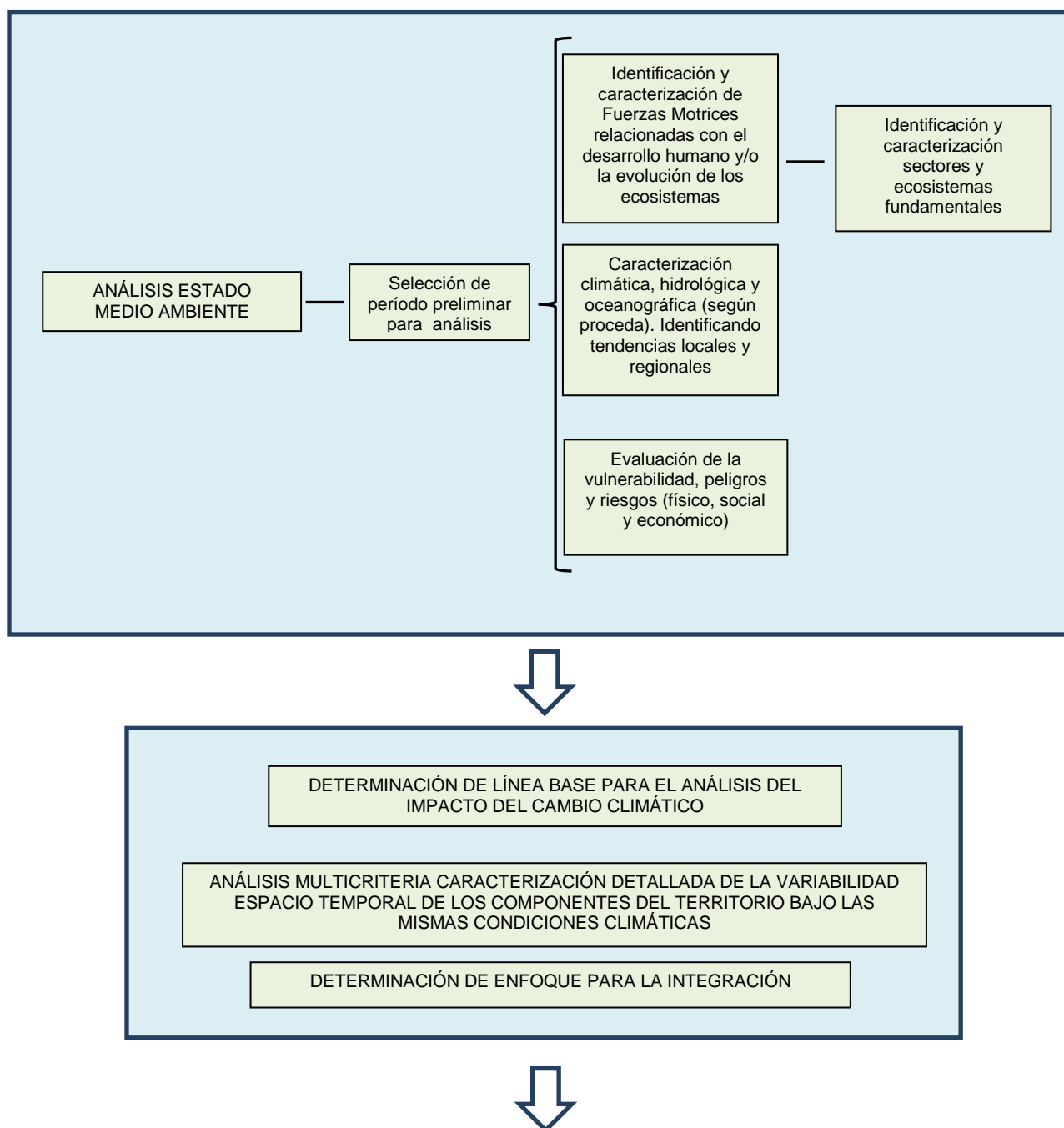
| Alternativas /Criterios | Viento | Solar | Geotérmica | Diversificada | Embalses | Reciclado | Cuencas | Ahorro de agua |
|-------------------------|----------|----------|------------|---------------|----------|-----------|----------|----------------|
| 1 | 0.036 | 0.037 | 0.076 | -0.135 | 0.32 | 0.62 | 0.44 | 0.82 |
| 2 | Bajo | Bajo | Bajo | Alto | Alto | Bajo | Bajo | Promedio |
| 3 | Bajo | Bajo | Bajo | Alto | Promedio | Promedio | Promedio | Alto |
| 4 | Promedio | Promedio | Promedio | Alto | Alto | Muy Alto | Promedio | Muy Alto |
| 5 | 3 | 3.1 | 4 | 0.5 | 1.1 | 2.5 | 1.6 | 0.9 |
| 6 | Promedio | Promedio | Promedio | Alto | Alto | Alto | Promedio | Alto |
| 7 | Alto | Promedio | Promedio | Bajo | Promedio | Alto | Promedio | Bajo |
| 8 | Alto | Alto | Alto | Bajo | Promedio | Alto | Promedio | Bajo |
| 9 | Promedio | Promedio | Alto | Bajo | Bajo | Promedio | Bajo | Bajo |
| 10 | Bajo | Alto | Alto | Bajo | Promedio | Alto | Promedio | Bajo |
| 11 | Alto | Alto | Promedio | Promedio | Promedio | Promedio | Promedio | Bajo |
| 12 | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto | Alto |
| 13 | 14.6 | 14.6 | 14.6 | 3.8 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 16 |
| 14 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 195 |

1: Costo; 2: Acceso al financiamiento; 3: Acceso al financiamiento; 4: Beneficios; 5: Recuperación; 6: Beneficios adicionales; 7 Impactos negativos en otros sistemas; 8: Barreras tecnológicas; 9: Barreras culturales y sociales; 10: Requerimiento de espacio; 11: Vulnerabilidad; 12: Sostenibilidad; 13: Ahorro de agua; 14: Ahorro de energía

Analizado con el NAIAD E se establecieron tres niveles de relaciones (B, H, D, E, F y A, G, C), con tres opciones que podrían considerarse independiente de los demás. Las opciones consideradas mejor fueron, en primer lugar, la desalinización con energía solar-diesel, y en segundo lugar, el tratamiento de aguas residuales para su reciclaje. La tercera mejor opción fue el ahorro de agua. Fuente: Llanes (2013)

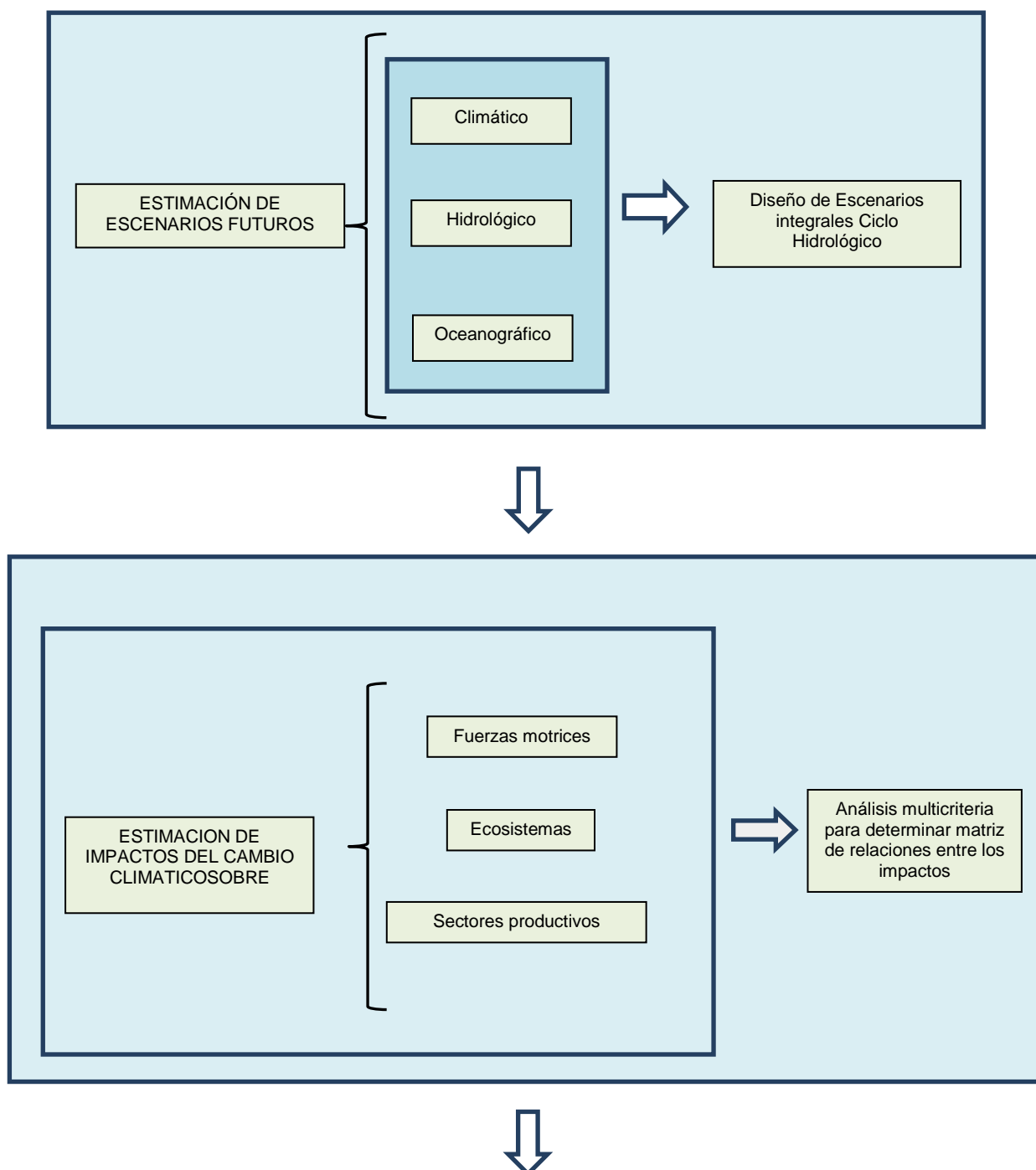
**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

Figura 3. Diagrama de desarrollo de la guía para el análisis integrado del impacto del cambio climático y las medidas de adaptación



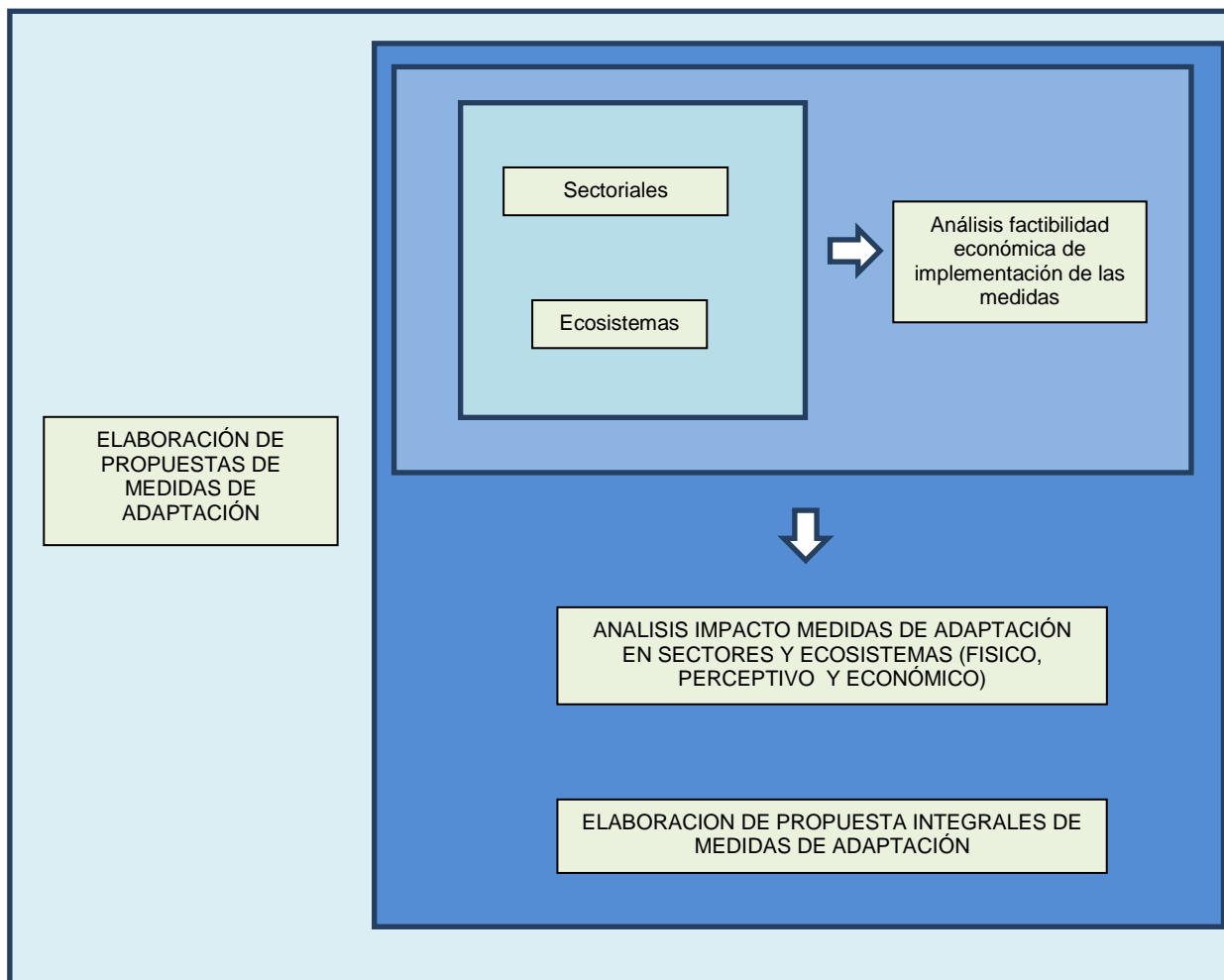
**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

Figura 3. Diagrama de desarrollo de la guía para el análisis integrado del impacto del cambio climático y las medidas de adaptación



**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

Figura 3. Diagrama de desarrollo de la guía para el análisis integrado del impacto del cambio climático y las medidas de adaptación



**Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación**
**Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque**

CONCLUSIONES: RETOS Y VACÍOS

Existen diversos enfoques del análisis integrado en los estudios medioambientales y de otras ramas de las ciencias naturales. En la práctica hay muchos ejemplos de resultados que desarrollan estos análisis. No obstante la existencia de metodologías referidas a la integración en los estudios del cambio climático, en la bibliografía revisada no se ha encontrado una que aborde el tema desde la óptica de establecer las cadenas de acción y reacción entre los componentes del medio ambiente, como consecuencia del impacto del cambio climático y las medidas de adaptación; criterio avalado por los expertos convocados al taller realizado para discutir los resultados alcanzados en el Estudio de Caso “Análisis integrado del impacto de cambio climático y las medidas de adaptación en el sur de Artemisa y Mayabeque”.

Para realizar un estudio de la naturaleza del que se aborda en este resultado, es imprescindible identificar cuáles son los elementos y procesos dominantes en el funcionamiento y desarrollo del lugar donde se trabaje, y a partir de ahí establecer las relaciones posibles con los datos e informaciones disponibles

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMA (2013). Peligro y Vulnerabilidad por el Ascenso del Nivel del Mar, por el Cambio Climático para los años 2050 y 2100. Informe científico técnico del Grupo de Gestión de Riesgo de la Agencia de Medio Ambiente. La Habana. Cuba.
2. Benioff. R, S. Guill and J. (1996): Vulnerability and Adaptation Assessment. An International Handbook. Version 1.1, April 1996. U.S. Country Studies. Environmental Science and Technology Library. Kluwer Academic Publisher.
3. Centella, A y A. Bezanilla (2008). Centella A, Bezanilla A, Leslie K (2008) A study of the uncertainty in future Caribbean climate using the PRECIS regional climate model. Technical Report. Community Caribbean Climate Change Center, Belmopan, 16 pp
4. CITMA (2009). Resolución 132/2009, Reglamento del proceso de evaluación ambiental. CITMA.
5. Fernández, A; R. Pérez, J. Somoza, J. Alcaide, B. Garea, C. Díaz, E. Gómez, L. Fernández y Mario Campos Dueñas (2007). GEO Cuba: Evaluación del medioambiente cubano. Editorial AMA. ISBN: 95-78-959-300-003-1. La Habana, Cuba.
1. Gaviño, M. (2009)
2. Gutiérrez (1999). Impactos del cambio climático en Cuba y medidas de adaptación. PTC “Los cambios globales y la evolución del medio ambiente cubano”. Informe científico técnico del Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba.
3. Gutiérrez. T. (2014). V Reporte del IPCC. Comunicación personal.

***Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación
Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque***

4. Llanes, J. y J. Somoza (2013). Programas que contienen medidas de mitigación en Cuba. Segunda Comunicación Nacional. La Habana. Cuba.
5. Llanes J. (2012). An assessment of the economic and social impacts of climate change on the water sector in Turk and Caicos. ECLAC. LC/CAR/L399.
6. Llanes, J. (2013). An assessment of the economic and social impacts of climate change on the water sector in the Caribbean. ECLAC. LC/CAR/L399.
1. Planos, E, O. Barros y A. Carrasco (1999). Impacto del cambio climático en los recursos hídricos de Cuba. Informe técnico del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, La Habana, Cuba.
2. Planos, E; A.V. Guevara, V y R. Rivero.(editores, 2013). Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba
3. Planos, E; A.V. Guevara; L. Paz, M. Hernández y A, Suárez (editores, 2013), Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque. Programa de Ciencia Cambio climático en Cuba: impactos, mitigación y adaptación. Informe científico técnico del Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba.
4. Instituto de Meteorología. (2000). Primera Comunicación Nacional de Cuba al Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. La Habana. Cuba..
5. Segunda Comunicación Nacional (2013). Relatoría Taller de análisis integrado del impacto del cambio climático y las medidas de adaptación. La Habana, Cuba.
- 6.

***Programa de Ciencia Impacto del Cambio Climático en Cuba: Impactos,
Mitigación y Adaptación
Proyecto Análisis Integrado del Impacto del Cambio Climático y las Medidas de
Adaptación en el Sur de Artemisa y Mayabeque***

**ANEXO 1. RELACIÓN DE EXPERTOS INDEPENDIENTES QUE
EVALUARON EL RESULTADO**

| Nombre y Apellidos | Institución |
|---------------------------|--------------------|
| Dr. Ramón Pich Madruga | CIEM |
| Dra. Gladys Hernández | CIEM |
| Dra. Bárbara Garea | INTEC |
| Dr. René Capote | IES |
| Dr. Juan M. Martínez | AMA |
| Dra. Dalia Salabarría | CNAP |
| Dr. José Somoza | CEMA |
| Dr. Luis E. Guadalupe | ACC |
| Dr. Manuel Iturralde | MHN |

6.