

**Humedales,
Agua y Zonas
Costeras**

El Cambio Climático y los Humedales en Centroamérica:

**Implicaciones de la variación climática
para los ecosistemas acuáticos
y su manejo en la región**

**Autores:
Manrique Rojas, Max Campos,
Edwin Alpizar, Juan Bravo, Rocío Córdoba**



UICN
Unión Mundial para la Naturaleza

551.69728

C141c

El Cambio climático y los humedales en Centroamérica :
implicaciones de la variación climática para los
ecosistemas acuáticos y su manejo en la región /
Manrique Rojas Araya [et. al.] – San José, C.R.: UICN, 2003.
40 p. – 23 cm.

ISBN 9968-743-78-X

1. Cambio climático. 2. Humedales. 3. Recursos Hídricos.
4. Ecosistemas. 5. Conservación. 6. Agua. 7. Clima.
8. América Central. I. Rojas Araya, Manrique. II. Título

San José, Costa Rica, 2003.

Publicado por: Unión Mundial para la Naturaleza

Derechos Reservados: Está autorizada la reproducción de esta publicación cuando se haga con fines no comerciales y sobre todo de carácter divulgativo educativo.

Se prohíbe la reproducción con fines comerciales, y sobre todo con destino a la venta, sin la autorización escrita del detentor de los derechos de autor.

Revisión y Edición: M.Sc. Rocío Córdoba Muñoz
Alejandro Jiménez Hernández

Fotografía de portada: PhotoDisk S.A.

Fotografía de contraportada: Proyecto camaronero impactando manglar enano en la costa pacífica de Costa Rica

Crédito: MSc. Rocío Córdoba - UICN Mesoamérica

Diseño de Portada: IntergraphicDesigns S.A.

Impreso en: Imprenta y Litografía Doble Giro S.A.

Acrónimos

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CCAD:	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CCT	Centro Científico Tropical
CEPREDENAC	Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central
CoPs:	Conferencias de las Partes
CRRH:	Comité Regional de Recursos Hidráulicos
ENOS:	El Niño Oscilación Sur
GEI:	Gases de Efecto Invernadero
IPCC:	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
ORMA:	Oficina Regional para Mesoamérica
PCCC:	Proyecto Centroamericano sobre Cambio Climático
PNUMA:	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RAMSAR:	Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)
SICA:	Sistema de Integración Centroamericana
UICN:	Unión Mundial para la Naturaleza
UNFCCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
US-CSP:	Programa de los Estados Unidos sobre Cambio Climático

Agradecimientos

Este documento fue elaborado y revisado gracias a la dedicación de varias personas que gentilmente revisaron el manuscrito preliminar, al cual aportaron valiosos comentarios y sugerencias. En particular queremos agradecer a Julio Calvo, Brett Orlando, Martha Marín y especialmente las referencias adicionales y comentarios detallados del Dr. Alejandro Yáñez-Arancibia. Asimismo, agradecemos la dedicación que dentro de esta publicación fue brindada por Manrique Rojas.

Este documento se elaboró gracias al apoyo económico de diversas organizaciones incluyendo la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) y al Programa Global de Humedales y Recursos Hídricos de la UICN.

Contenidos

1	Introducción.....	5
2	El Contexto Regional del Cambio Climático y los Humedales	6
2.1	Los humedales en Centroamérica y su importancia para las poblaciones locales	6
2.1.1	Tipos y Ubicación de los Humedales	7
2.1.2	Beneficios de los Humedales	10
2.1.3	Ecosistemas Vulnerables	12
2.1.4	Acciones Regionales a favor de los Humedales	14
2.2	El cambio climático en Centroamérica	15
2.3	Las repercusiones del cambio climático en los humedales de Centroamérica	22
3	Alternativas para la Mitigación de los Impactos del Cambio Climático en los Humedales Centroamericanos	26
3.1	Acciones Iniciadas en la Región	26
3.2	La anticipación de los impactos del cambio climático en los ecosistemas de agua dulce.	28
3.3	La mitigación de los impactos sobre los ecosistemas de agua dulce, debido a la actual variabilidad climática.	28
3.4	Mecanismos para promover o financiar la mitigación, disminuir, evitar y compensar los impactos en el cambio climático.	29
4	Recomendaciones y Preparaciones para Adaptarse al Cambio Climático	31
5	Referencias	34

1 Introducción

Centroamérica está formada por un angosto istmo ubicado en el cinturón tropical, donde la interacción entre el predominante viento Alisio y la compleja topografía hacen que se presenten contrastes climáticos importantes entre las vertientes Caribe y Pacífico. La región del Gran Caribe donde se localiza Centroamérica es una zona de interacciones climáticas entre los hemisferios norte y sur. En esta región la zona de convergencia Inter-Tropical, el movimiento de los ciclones tropicales, las ondas del este y el desplazamiento de los frentes fríos, son algunas manifestaciones climáticas que hacen a que la zona sea climáticamente compleja. Otros factores de escalas inter-anales como los eventos de El Niño y la Niña, hacen que los fenómenos climáticos puedan alcanzar niveles extremos, produciendodesastres y afectando las actividades productivas, los asentamientos humanos y los recursos naturales.

El cambio en el clima que enfrenta hoy día el planeta, producto del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, hace que los escenarios futuros y las proyecciones para el Istmo no sean muy favorables. Estudios regionales y nacionales referenciados en las comunicaciones nacionales ante el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UN-FCCC) evidencian variaciones importantes en elementos del clima regional como la temperatura, la precipitación, la nubosidad y la escorrentía. Los estudios hechos en Centroamérica demuestran la sensibilidad de los sistemas productivos y la fragilidad de los recursos naturales ante variaciones en el clima actual (PCCC, 1995; MARENA, 2000; MINAE-IMN, 2000).

Las proyecciones globales indican que uno de los sistemas más afectados por la variabilidad climática y los eventos extremos son los ecosistemas de humedales. A pesar que no existen estudios específicos en Centroamérica que relacionen el cambio climático con los humedales, es de esperarse que bajo las condiciones descritas en los escenarios de cambio climático presentados en las comunicaciones nacionales, estos ecosistemas sufrirán alteraciones significativas, con sus consecuencias directas e indirectas en las poblaciones humanas que de ellos dependen para subsistir. Esto lo confirman estudios específicos hechos en Estados Unidos (LeRoy *et. al.*, 2002), que permiten realizar comparaciones sobre los impactos en los ecosistemas de Centroamérica.

En la mayoría de las regiones del planeta el cambio climático produce un aumento en la temperatura atmosférica, que a su vez causa un aumento en la temperatura del agua que tiende a alterar los procesos ecológicos y la distribución geográfica de las especies acuáticas. Para la región del Pacífico Centroamericano es de esperarse que la temperatura promedio anual sea aproximadamente 3 °C mayor que la actual. (MARENA, 2000; MINAE-IMN, 2000). A pesar de que algunas especies podrían adaptarse a las nuevas

condiciones, las barreras que hoy día antepone el ser humano, limitan los corredores de migración de las especies y aumenta la probabilidad de extinción y la pérdida neta de biodiversidad. Además de un incremento en la temperatura, se prevé que el cambio climático en la región también tendrá incidencia en el aumento del nivel medio del mar debido al calentamiento del océano, tanto por expansión térmica o aumento de volumen por fusión de los hielos.

El presente documento pretende hacer una breve descripción de la importancia de los humedales y documentar la experiencia regional sobre los riesgos del cambio climático en el agua y en el manejo de los humedales. De este modo, brinda recomendaciones que conduzcan a establecer un proceso de diálogo regional y de información a los actores, que permitan definir políticas para aumentar el nivel de preparación y adaptación al cambio climático, en función de los recursos hídricos y el manejo de los humedales.

2 El Contexto Regional del Cambio Climático y los Humedales

A pesar de que los primeros estudios en la región sobre un clima cambiante por causas antropogénicas se iniciaron en 1991 y trataron sobre posibles cambios en la composición de la vegetación en Costa Rica y Nicaragua (Halpin, et. al., 1991), los impactos del cambio climático en el Istmo Centroamericano han sido tratados principalmente desde un ámbito económico y social. Los estudios desarrollados por el Programa de los Estados Unidos para el Cambio Climático (PCCC, 1995) en el marco del Sistema para la Integración Centroamericana (SICA) y para los siete países del Istmo, así como los estudios que dieron forma a las “Primeras Comunicaciones Nacionales ante el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” tuvieron mucho énfasis en los sectores agrícola, recursos hídricos y aumento del nivel medio del mar. Al ser los humedales de la región Centroamericana zonas de alta biodiversidad que prestan importantes bienes y servicios a las poblaciones humanas, es de suma importancia que el conocimiento sobre los posibles impactos que el cambio climático produciría a esos ecosistemas, evolucione acorde con la reducción de las incertidumbres que sobre este tema se tienen a escala global y regional.

2.1 Los humedales en Centroamérica y su importancia para las poblaciones locales

Los humedales son ecosistemas complejos que poseen características físicas, químicas y biológicas asociadas con los regímenes hídricos, ya sea de forma temporal o permanente (Bravo y Windevoxhel, 1997). Aunque existen más de 50 definiciones de humedales (Dugan, 1992), la Convención Ramsar los define como:

“extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”

Dentro de los componentes esenciales de los humedales están la presencia de vegetación hidrófila (vegetación asociada con medios acuáticos), el desarrollo de suelos hídricos (con alto grado de humedad, al nivel de saturación) y las condiciones hídricas (caracterizadas por la influencia climática, en donde se involucran variables geomorfológicas y topográficas). Estos tres elementos caracterizan a los humedales, aunque es posible que se encuentren excepciones en donde no esté presente algún componente (ej. la vegetación y el agua durante el período seco).

2.1.1 Tipos y Ubicación de los Humedales

Existen varias formas de agrupar o clasificar los diferentes tipos de humedales, las dos principales son la clasificación técnica y la paisajística, tal como se presenta en el manual elaborado por Bravo y Windevoxel (1997), sobre humedales para Costa Rica. El Cuadro 1 está basado en el documento de Bravo y Windevoxel (1997) y Dugan (1992) y presenta una categorización simplificada de los distintos tipos de humedales para Centroamérica.

Cuadro 1:
Tipos de Humedales y Algunos Ejemplos de Centroamérica.
Basado en Dugan (1992).

Tipo de Humedal	Descripción	Ejemplo en Centroamérica
Marinos	Son aquellas aguas litorales expuestas a los flujos de aguas oceánicas. Incluyen ecosistemas de pastos marinos y arrecifes de coral, normalmente en aguas de profundidades no mayores de 30 m	Sistema Arrecifal Mesoamericano (México, Belice, Guatemala, Honduras)
Estuarios	Cuerpos de agua donde la desembocadura de un río se abre a un ecosistema marino. Presentan aguas salobres, con una salinidad intermedia entre dulce (agua de los ríos) y salada (agua de mar). Los más importantes son los bosques salados o manglares	Golfo de Nicoya, Costa Rica Bosque de Manglar de Barra de Santiago en El Salvador
Costas Abiertas	Son aquellas que no están sujetas a la influencia del agua de los ríos ni de los ecosistemas lagunares. Normalmente presentan poca vegetación y su extensión está sujeta a las mareas.	Secciones de la costa Pacífica de Centroamérica
Riberinos	Ambientes acuáticos contenidos en drenajes que periódica, permanente o temporalmente mantienen agua en movimiento	Diversos ríos y ecosistemas asociados transfronterizos de Centroamérica

Llanuras de Inundación	La zona que se encuentra entre el canal de un río y la tierra elevada al borde de un valle, y que se inunda periódicamente.	Parte baja de la Reserva de Biosfera de Río Plátano, Honduras
Pantanos de Agua Dulce	Se encuentran en lugares donde las aguas subterráneas, las nacientes superficiales, los ríos y las aguas de escorrentía producen inundaciones frecuentes o mantienen una cobertura de agua poco profunda, más o menos permanente.	Sitio Ramsar Los Guatusos, Nicaragua
Lagos y Lagunas	Cuerpos encerrados de agua abierta que se desarrollan a través de diversos procesos, pueden o no tener salida del agua hacia otros sistemas.	Lago Cocibolca, Nicaragua
Turberas	Áreas húmedas de gran productividad. Se caracterizan por el retraso del proceso de descomposición de la materia vegetal (debido a factores como acidez y poca disponibilidad de oxígeno) que se acumula en forma de turba (carbón vegetal).	Se encuentran algunas en la Cordillera de Talamanca y en el Caribe de Costa Rica
Bosques de Inundación	Se desarrollan en zonas de aguas tranquilas cerca de las márgenes de los lagos y en ciertas zonas de las llanuras de inundación donde el agua se mantiene por períodos más largos.	Bosques de cativo (<i>Prioria copaifera</i>), orej y sangrillo (<i>Pterocarpus sp</i>) a lo largo de la costa del Caribe de la región
Humedales Artificiales	Son aquellos construidos por el ser humano que poseen las características estructurales y funcionales de un ecosistema. Constituyen ejemplos: embalses, lagunas, lagos, sistemas de canales entre otros.	Lago de Gatún, Panamá

Actualmente no se cuenta con un mapa detallado de la ubicación de los humedales en Centroamérica, aunque se cuenta con un mapa general (Mapa 1). Costa Rica y Guatemala son los únicos países en la región que cuentan con un inventario de sus humedales. En el caso de Costa Rica, existen mapas de humedales de diferentes escalas (1:750.000, 1:500.000, 1:200.000). Por otra parte se dio inicio a un inventario general de los principales humedales por cada país de la región, trabajo iniciado por Scott y Carbonell (1986). Más recientemente Davidson y Gauthier (1993) llevaron a cabo una estimación preliminar del área de humedales en Centroamérica, y concluyeron que aproximadamente unos 40,000 km² (equivalente a un 8% del territorio centroamericano) están cubiertos por humedales. Alrededor de un 1% del territorio continental de Centroamérica está constituido por Humedales de Importancia Internacional (conocidos como sitios Ramsar (UICN, 1999)). Windevoxhel et al. (1998) reportan que “unos 1600 km de arrecifes de coral, y el 8% de los manglares del mundo están localizados en la región” centroamericana. Los humedales existen bajo cualquier condición climática. Naturalmente en las tierras bajas y húmedas es posible encontrar mayor cantidad de humedales del tipo palustrino (pantanos de agua dulce) y estuarino, pero en sitios montañosos se encuentran humedales

como los del Caribe. Tierra adentro también se encuentran humedales, aunque en menor cantidad y de menor tamaño. Las extensiones más grandes de humedales en el interior se encuentran en la zona que bordea los lagos de Nicaragua y también en las zonas bajas del Petén (Davidson y Gauthier,1993).

En Centroamérica los humedales son principalmente del tipo estuarios, costas abiertas, y llanuras de inundación. También existen varios lagos naturales, principalmente en Nicaragua, El Salvador y Guatemala, además de varios embalses artificiales. Los bosques de inundación también se encuentran en la región, y en algunas ocasiones es difícil distinguirlos de las llanuras de inundación con vegetación boscosa. Los pantanos de agua dulce son también abundantes, sin embargo las extensiones contiguas son por lo general pequeñas. La categoría de humedal menos común en la región son las turberas, aunque se encuentran algunas en las partes altas de las cadenas montañosas de Talamanca, Costa Rica y en algunas extensiones del Caribe Panameño.

2.1.2 Beneficios de los Humedales

Los humedales proveen múltiples beneficios a las poblaciones humanas, controlan las inundaciones al interceptar las precipitaciones fuertes, almacenando el agua en el suelo o reteniéndola en las superficies de lagos y pantanos, entre otros. Muchos humedales contribuyen a recargar los acuíferos subterráneos, que almacenan cerca del 97% de las aguas dulces no congeladas del mundo. Estos ecosistemas acuáticos también estabilizan las costas y las protegen contra tormentas; por ejemplo, las marismas salobres, los manglares y otros humedales arbolados sirven de primera línea de defensa contra las tormentas, reduciendo la fuerza del viento.

Igualmente, los humedales sirven como depósitos de sedimentos y nutrientes ya que al reducir la velocidad del agua permiten la deposición de materiales en suspensión. Esta capacidad de retener nutrientes hace que muchos humedales figuren entre los ecosistemas más productivos, dado que las plantas y suelos absorben una proporción importante de los nutrientes que se depositan. Al incorporar nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, y convertirlos en materia orgánica, los humedales juegan una función de mejorar la calidad del agua, sobre todo en zonas de escorrentía agrícola y otros usos productivos, que evita la eutrofización de las aguas río abajo.

La alta productividad de los humedales da sustento a gran cantidad de especies silvestres adaptadas a las zonas húmedas. Más del 40% de las especies del mundo y el 12% de todas las especies animales se hallan en los humedales de agua dulce. En algunos humedales hay poblaciones apreciables de especies endémicas y hay grupos como las aves acuáticas, moluscos, crustáceos, peces marino-costeros, y mamíferos que dependen de éstos ecosistemas durante etapas en su ciclo de vida. Muchas de estas especies son de valor comercial y de

subsistencia para las poblaciones costeras (Windevoxhel et al., 1999). Por ejemplo, el camarón blanco (*Peneus spp.*) y el 60-80% de los peces marino-costeros no subsistirían en ausencia de humedales (Pizarro, 2002 com. pers.). Asimismo, la mayoría de las especies acuáticas que se encuentran en ecosistemas de agua dulce son completamente dependientes de los humedales continentales. En Centroamérica los humedales proveen una zona de refugio para las aves acuáticas; millones de individuos de unas 40 especies, viajan desde sus áreas de reproducción en Norteamérica a través de varias rutas en búsqueda de humedales productivos en el sur, donde se alimentan durante la etapa no reproductiva de sus ciclos de vida (Halls, 1997). En el Parque Nacional Palo Verde y la Reserva Biológica Lomas Barbudal en Costa Rica, por ejemplo, se han reportado bandadas de 25,000 piches (*Dendrocygna autumnalis*) y 15,000 cercetas azules (*Ana discors*) provenientes de las regiones templadas (Vaughan et al., 1996). Esta gran diversidad biológica hace de los humedales importantes reservorios de genes con un potencial económico apreciable.

Los humanos se benefician directamente de los humedales a través de la extracción y aprovechamiento de productos como los moluscos, los crustáceos, los peces, y otros animales comestibles. Dos tercios de las especies marinas que consumen los humanos, dependen de los humedales en alguna etapa de su ciclo biológico. Se aprovechan resinas, madera (para leña y construcción de viviendas), cañas y bejucos para la construcción y artesanías. También se explotan forrajes, cueros, frutas, plantas medicinales y otra gran cantidad de productos.

Cuadro 2: Algunos de los beneficios que proveen los humedales a las poblaciones humanas en Centro América.
Adaptado de Windevoxhel et al. (1999).

Beneficios de los Humedales
Suministro de agua
Regulación de flujos
Prevenición de intrusión de agua salada
Protección de la línea costera
Barreras contra el viento
Retención de nutrientes y sedimentos
Banco genético
Atractivo turístico
Importancia socio-cultural
Fuente de productos naturales (recursos forestales, de vida silvestre, pesquerías)

Aparte de los aspectos materiales, muchos humedales también se revisten de importancia religiosa, histórica y arqueológica en el plano local o nacional. Estudios globales en 603 sitios Ramsar mostraron que un 30% presentaban alguna importancia arqueológica, histórica, mitológica o cultural. En algunas culturas los humedales suelen tener un profundo significado religioso para la población local. Además de las variables religiosas y espirituales están los aspectos de belleza natural que hace de muchos humedales lugares ideales de destino turístico. El turismo es atraído a diversos humedales, de los cuales los más notables están protegidos como parques nacionales, bienes del Patrimonio Mundial, sitios Ramsar o reservas de la biosfera.

Los humedales también proveen por lo menos dos servicios importantes de mitigación a los efectos del cambio climático, ellos son: el almacenamiento de gases de efecto invernadero fijados en la materia orgánica y la amortiguación física de los impactos de la variabilidad climática. Los humedales son importantes sumideros de carbono, sobre todo las turberas que acumulan a través del tiempo gran cantidad de carbono en la turba. Según Ramsar (sin fecha), cerca de 40% del carbono terrestre del planeta está almacenado en humedales. Por ende, la destrucción de humedales libera ese dióxido de carbono, acentuando la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Los humedales también juegan un papel preponderante en la mitigación de efectos de tormentas, inundaciones, e incremento en el nivel del mar, que se verán todos afectados por el calentamiento global. Por otro lado, las características hidrológicas permiten a los humedales mitigar algunos efectos negativos de las inundaciones, particularmente amortiguan las intensidades de las inundaciones a través del almacenamiento temporal del agua durante las crecidas. Las aguas almacenadas en los humedales son paulatinamente liberadas y proporcionan beneficios como la distribución de nutrientes en tierras fértiles utilizadas por el ser humano (Dugan, 1992). Los humedales entonces pueden presentar una solución no estructural para la protección contra las inundaciones, evitando en muchos casos la construcción de muros de protección y presas por ejemplo (Acreman, 2000).

2.1.3 Ecosistemas Vulnerables

Aunque los humedales proveen gran cantidad de bienes y servicios, son de los ecosistemas más amenazados en Centroamérica. Grandes extensiones de humedales se han perdido, particularmente en la zona Pacífica de Centroamérica. La principal causa de la pérdida de humedales ha sido el cambio de uso del suelo, donde se han drenado o rellenado humedales en las partes bajas para establecer zonas agropecuarias. Muchos de los que ayer fueron manglares y tierras de pantano, han sido drenados y convertidos en plantaciones de banano y palma, cultivos de arroz, salineras y camarónicas, para citar algunos casos.

En algunas ocasiones el cambio de uso se ha dado para establecer complejos turísticos, zonas urbanas e infraestructura, como puertos y carreteras. Esto refleja el hecho que desde hace siglos el ser humano ha tratado de manipular el ciclo hidrológico, controlando para sus intereses las inundaciones y las sequías, las primeras porque causan daños a la infraestructura, mientras que las otras porque afectan la producción de cultivos y restringe la disponibilidad de agua para usos domésticos, industriales y agrícolas. Al reemplazar los humedales con zonas urbanas o de explotación agropecuaria intensiva, el régimen hidrológico de las cuencas se ha visto alterado. Hoy día es común ver como el caudal de los ríos disminuye en las tierras bajas durante la época seca, al extremo que las lagunas y pantanos tienden a secarse y durante la época lluviosa, las aguas bajan por los cauces en cantidades anormales que provocan inundaciones y arrastran alto volumen de sedimentos que se depositan en las tierras bajas.

Otras amenazas que afectan a los humedales son:

- Variación en el régimen hídrico
- Medidas estructurales de mitigación de inundaciones
- Contaminación del agua (por condiciones químicas y biofísicas)
- Sobre-extracción de recursos (ej. mangle, moluscos, aguas subterráneas)
- Represas y otros proyectos de infraestructura
- Sedimentación
- Minería

El ser humano ha propiciado la alteración del ciclo hidrológico controlando el caudal de los ríos. Las aguas de los ríos en las nacientes, son captadas para suministrar agua a las ciudades para el consumo doméstico e industrial, luego son devueltas en condiciones críticas de contaminación. La demanda de energía hidroeléctrica y el consumo de agua urbana, han llevado a los gobiernos centroamericanos a la construcción de represas o a desviar las aguas de un río hacia otro o de una vertiente a otra (caso del proyecto Arenal-Corobicí-Sandillal en Costa Rica). Algunas de estas obras son de dimensiones considerables, de modo que todo el ciclo hidrológico del río, desde donde está la obra hasta la costa, se ve interrumpida. Se transforman trechos de río en lagunas artificiales, lo cual resulta en cambios abruptos en el caudal que afecta a muchas de las especies acuáticas y a los humedales de las tierras bajas, que dependen o están adaptados a la variabilidad natural de caudales.

Los grandes proyectos de infraestructura, como las represas, también afectan las costas y los manglares, lo que provoca una acelerada transformación de las playas y desembocaduras. Uno de los efectos es la salinización de las tierras costeras, que se da al reducirse los flujos de agua dulce de los ríos en sus desembocaduras, aumentando la influencia de las aguas marinas.

Por lo general dichos proyectos no incluyen medidas de mitigación para mantener los flujos naturales de los ríos, que en Centroamérica se caracterizan por variaciones estacionales y afectaciones periódicas debidas a disturbios naturales como los huracanes, las sequías y las inundaciones.

2.1.4 Acciones Regionales a favor de los Humedales

En los últimos años se ha visto una mayor conciencia sobre el valor de los humedales en los países Centroamericanos. Durante los 90s todos los países de la región ratificaron la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) (Cuadro 3). También se han designado varias áreas protegidas para conservar humedales y 31 sitios han sido declarados de importancia internacional. Se han hecho esfuerzos por elaborar planes de manejo en los humedales de importancia internacional, principalmente en aquellos sitios que fueron incorporados al firmar la Convención (tal es el caso de Crooked Tree en Belice; Laguna Jocotal en El Salvador; Laguna del Tigre en Guatemala; Barras de Cuero y Salado en Honduras; Refugio Los Guatusos en Nicaragua; Parque Nacional Palo Verde en Costa Rica; Golfo de Montijo en Panamá).

Cuadro 3: Humedales de Importancia Internacional (Sitios Ramsar) en América Central.

Fuente: Convención Ramsar sobre Humedales, "La lista anotada de Ramsar", actualizada en agosto de 2003.

País	# de Sitios Ramsar	Extensión de los sitios Ramsar (ha)	Fecha de Entrada en Vigencia de la Convención Ramsar
Guatemala	4	502,707	26 Octubre, 1990
Belice	1	6,637	22 Agosto, 1998
El Salvador	1	1,571	22 Mayo, 1999
Honduras	4	179,680	23 Octubre, 1993
Nicaragua	8	405,691	30 Noviembre, 1997
Costa Rica	10	510,050	27 Abril, 1992
Panamá	3	110,984	26 Noviembre, 1990
Total	31	1,717,320	

Los países de la región centroamericana también han venido incorporando algunas directrices de humedales y agua dentro de sus estrategias nacionales de biodiversidad. Sin embargo no existen políticas nacionales específicas sobre estos ecosistemas, excepto en el caso de Costa Rica (MINAE, 2001).

En la zona se está tratando de mejorar la información disponible sobre humedales. Por ejemplo, Guatemala y Costa Rica cuentan con un inventario nacional de humedales (MINAE-SINAC & UICN-ORMA, 1998; UICN-Mesoamérica & CONAP, 2001) y el Gobierno de Nicaragua está interesado en iniciar el proceso de inventario. Centroamérica es la única región del Mundo que cuenta con una Política Regional sobre los Humedales (CCAD & UICN, 2002). La Política Regional brinda un marco estratégico de trabajo para los humedales a nivel de toda la región, dando énfasis a aquellos ecosistemas compartidos o trans-fronterizos, los cuales constituyen alrededor del 50% del territorio centroamericano así como los ecosistemas de humedales con alta vulnerabilidad ecológica y social.

2.2 El cambio climático en Centroamérica

El uso de combustibles de origen fósil desde el inicio de la época industrial y los procesos de deforestación y quema de los bosques en el planeta, han ido cambiando las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Este incremento por encima del balance atmosférico natural es considerado la principal causa del acelerado cambio climático causado por el ser humano. De acuerdo con información reciente (IPCC, 2001) la tendencia en el aumento global de la temperatura media del planeta es evidente y sus efectos en el clima tienden a agravar los eventos de carácter extremo que hoy día se observan a nivel mundial, incluyendo a Centroamérica.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) ha promovido la utilización de modelos a escala mundial que han permitido conocer mejor la naturaleza y los impactos del cambio climático asociado al calentamiento atmosférico. Estos modelos físico matemáticos simulan los cambios que se dan en el clima inducidos por variaciones en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. A pesar de que existen varios modelos que difieren en el orden de magnitud de los impactos, las tendencias al calentamiento son muy consistentes. Se estima que la temperatura global del planeta aumentó 0.6 °C (+/- 0.2 °C) durante el siglo XX (IPCC, 2001).

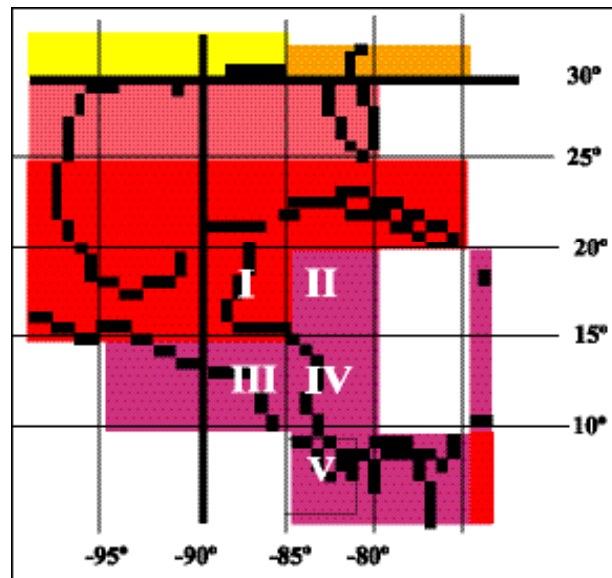
El avance en la tecnología de observación sistemática y monitoreo del clima mediante satélites y sistemas de cómputo han permitido precisar las estadísticas climáticas globales que se utilizan en los modelos. Además de nuevas alternativas para desarrollar y refinar los modelos, el IPCC ha combinado los modelos climáticos globales con información de otras disciplinas, lo que permite hacer proyecciones y desarrollar diferentes escenarios sobre el impacto del cambio climático en variables sociales, económicas y ambientales.

Debido a que los modelos climáticos se desarrollan a escala global, los análisis regionales cuentan con cierto grado de incertidumbre por la escasa resolución de los modelos globales. Esta situación se ha mejorado con los avances en el desarrollo de los modelos regionales anidados en modelos de mayor escala.

Paralelo a esto, la utilización de técnicas de reducción de escala (“downscaling”) han mostrado también que se pueden capturar a partir de los modelos de circulación general (GCMs) importantes descripciones físicas del futuro del clima de una región.

En Centroamérica se han realizado esfuerzos para generar escenarios climáticos regionales. Por ejemplo se ha utilizado el criterio de expertos para estudiar la sensibilidad de algunos cultivos importantes para la región y para estimar cambios en los caudales y escorrentía de algunos ríos de Centroamérica.

Figura 1:
Cuadrantes de información de salida de escenarios climáticos desarrollados para Costa Rica, Nicaragua y Honduras a partir de MAGICC y SCENGEN. El diagrama también incluye a Guatemala y El Salvador.



Cuadro 4. Incrementos en la temperatura media y reducciones en la precipitación a partir de escenarios de emisiones sustentados en condiciones socio económicas pesimistas y optimistas para diferentes horizontes de tiempo y cuadrantes de información que cubren áreas en Costa Rica, Nicaragua y Honduras. (MARENA, 2000; MINAE-IMN, 2000; PNCC-Honduras, 2000)

	Escenario Climático Pesimista									
	Elemento Climático Precipitación (%)					Elemento Climático Temperatura (°C)				
	Cuadrante de Información									
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Costa Rica			-12.1	-11.8	-3.8			1.2	1.2	1.1
			-18.5	-18.1	-5.8			1.9	1.7	1.8
			-33.9	-33.1	-10.5			3.4	3.0	3.2
Nicaragua			-14.5	-14.1				1.5	1.3	
			-21.0	-20.5				2.1	1.9	
			-36.6	-35.7				3.7	3.3	
Honduras	-11.8	-11.2	-14.5	-14.1		1.3	1.0	1.5	1.3	
	-17.1	-16.3	-21.0	-20.5		1.9	1.5	2.1	1.9	
	-29.8	-28.4	-36.6	-35.7		3.3	2.7	3.7	3.3	

Parte 1

	Escenario Climático										Horizonte de tiempo
	Elemento Climático Precipitación (%)					Elemento Climático Temperatura (°C)					
	Cuadrante de Información										
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	
Costa Rica			-10.0	-9.8	-3.1			1.0	0.9	0.9	2030
			-13.7	-13.4	-4.3			1.4	1.2	1.3	2050
			-18.2	-17.8	-5.7			1.8	1.6	1.7	2100
Nicaragua			-12.4	-12.1				1.3	1.1		2030
			-16.2	-15.8				1.6	1.5		2050
			-21.0	-20.5				2.1	1.9		2100
Honduras	-10.1	-9.6	-12.4	-12.1		1.1	0.9	1.3	1.1		2030
	-13.2	-12.6	-16.2	-15.8		1.5	1.2	1.6	1.5		2050
	-17.1	-16.2	-21.0	-20.5		1.9	1.5	2.1	1.9		2100

Parte 2

Otros estudios posteriores utilizaron generadores de escenarios como MAGICC¹ y SCENGEN, los cuales son programas de cómputo que permiten realizar combinaciones socio económicas y ambientales con variables climáticas y proyectarlas en el tiempo. Estas técnicas fueron utilizadas en la mayoría de los estudios sobre impactos al cambio climático que han presentado los países de la región en las comunicaciones nacionales ante el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UN-FCCC).

Las principales coincidencias en estos estudios se dan en la proyección futura en el aumento de la temperatura promedio anual de 3.5 °C hacia el año 2100, sobre todo a lo largo del Pacífico Centroamericano. Esto es internamente consistente con una disminución de la precipitación anual de hasta el 35% (MARENA, 2000; MINAE-IMN, 2000). El récord de medición histórica de la temperatura promedio anual en la región también evidencia que esta variable ha sido influenciada por las fluctuaciones en el clima. Esto se ha observado en estaciones climatológicas de referencia que se encuentran poco influenciadas por aspectos climáticos de pequeña escala.

En la Figura 2 se presenta la tendencia de la temperatura promedio anual para Alajuela, localizada sobre el Valle Central de Costa Rica, esta es de incrementos de aproximadamente 0.4°C por cada 10 años. De acuerdo con el IPCC (IPCC, 2001) las proyecciones globales de aumento de la temperatura media hacia el año 2100 varían entre 1.4 y 5.8 °C relativas a 1990, lo cual implica un aumento entre 0.1 y 0.5 cada 10 años. Los sitios más cercanos a los océanos tienden a tener una menor oscilación en la temperatura, por lo que es de esperar que su tendencia sea también menor.

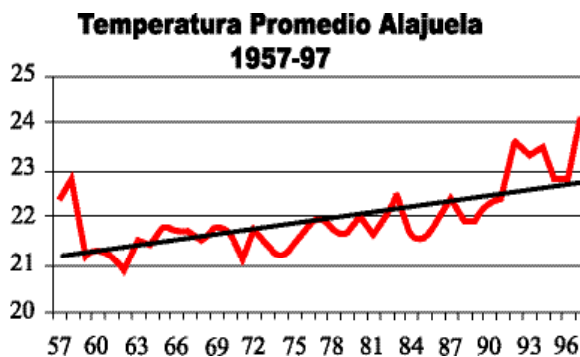


Figura 2. Tendencia en la Temperatura Anual par a Alajuela, Valle Central, Costa Rica

Otro ejemplo de la región Centroamericana es la tendencia de la temperatura y la precipitación en Honduras. En el Cuadro 5 se muestran los resultados de las tendencias de las anomalías estandarizadas de las temperaturas extremas por decenio (°C / década.) calculados de acuerdo al número de años con que cuenta la longitud de las series usadas.

¹ MAGICC, (Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change) (Modelo para la evaluación del cambio climático inducido por los gases de efecto invernadero)

Cuadro 5: Tendencias de las anomalías estandarizadas de las temperaturas extremas por decenio (°C / década.) para varias estaciones climáticas en Honduras.

Estación	Total de Años	Tendencia temp. máxima °C	Tendencia temp. mínima °C	Variación temp. máxima °C/decenio	Variación temp. mínima °C/decenio	Variación temp. media °C/decenio
2- Tela	37	-0.3	1.1	-0.08	0.30	0.11
8- S. R. Copán	42	0.3	1.7	0.07	0.40	0.24
La Mesa	41	1.4	2.6	0.34	0.63	0.49
9- Catacamas	42	0.6	1.4	0.14	0.33	0.24
Amapala	42	0.1	0.9	0.02	0.21	0.12
5- Pto. Lempira	35	-0.9	-0.7	-0.26	-0.20	-0.23
10-Choluteca	32	1.2	1.1	0.38	0.34	0.36
7- Tegucigalpa	45	1.0	0.8	0.22	0.18	0.20
1- Guanaja	40	1.7	0.3	0.43	0.08	0.25

El análisis del rango diurno de temperatura en Honduras muestra que en la mayor parte del territorio, particularmente en sitios alejados de la costa, la temperatura mínima está aumentando más que la temperatura máxima. Este resultado es consistente con los encontrados por ejemplo en Costa Rica por Gómez (1995) y por varios autores alrededor del mundo, y que es una evidencia de un calentamiento global y regional en este caso específico (Campos y Argeñal, 2000).

Desde el punto de vista climático únicamente, las noches más cálidas se deben a días despejados y calurosos, con noches con alto contenido de vapor de agua y nubes que impiden salir a la radiación infrarroja durante la noche, aumentando la temperatura del aire.

Otra variable hidrometeorológica que se ha estudiado en algunas cuencas de Centroamérica es el potencial cambio en la precipitación y la escorrentía, así como las variaciones estacionales en los caudales de los ríos (PCCC, 1995). Dichas variables son de especial importancia debido a que el régimen hidrológico de los humedales es uno de los procesos fundamentales que contribuye a determinar la composición de las especies y la productividad de los ecosistemas. El Cuadro 6 (PCCC, 1995) muestra la sensibilidad de una cuenca ante pequeñas variaciones en la temperatura y la precipitación. Se puede observar que durante el mes más seco, abril, si se reduce la precipitación, la escorrentía puede bajar hasta un 35% de su valor normal para el mes. Al mismo tiempo, si la precipitación en la cuenca aumenta, la escorrentía sigue siendo negativa dado el impacto que tiene la temperatura en la tasa de evaporación. Para el caso del mes más húmedo, octubre, una reducción de la precipitación puede disminuir la escorrentía en hasta 20.3%. Si por el contrario la precipitación aumenta, es muy pequeño el aporte adicional a la escorrentía que se presenta. Se puede inferir entonces que el papel que asume la temperatura y la precipitación en la escorrentía es muy relevante.

Cuadro 6: Cambios en la escorrentía en la cuenca del Río Los Esclavos, Guatemala

	Escorrentía Observada	Cambios en la escorrentía en Cuenca Río los Escalvos Pacífico de Guatemala			
		+2°C Temp. +15% Precip.	+1°C Temp. +10% Precip.	+2°C Temp. -15% Precip.	+1°C Temp. -10% Precip.
Media	13.536	14.863	14.630	12.355	13.006
Porcentaje	-----	+9.8%	+8.1%	- 8.7%	-3.9%
Abril	0.239	0.221 (- 8%)	0.218 (-9%)	0.155 (-35%)	0.181 (-24%)
Octubre	2.634	2.648 (+ 0.5%)	2.639(+ 0.2%)	2.098 (-20.3%)	2.201 (-16%)

En el caso de la cuenca del Río Chagres en Panamá, se puede observar que su respuesta al aumento de la temperatura y variaciones positivas o negativas en la lluvia tienen manifestaciones del mismo signo en la escorrentía (Cuadro 7). A pesar de que cada cuenca presenta características que las individualiza, es claro que la escorrentía cambiará no solo en promedio, sino también estacionalmente, ante cualquier manifestación de cambios en el clima actual.

Cuadro 7: Cambios en la escorrentía en la cuenca del Río Chagres, Panamá.

	Escorrentía Observada	Cambios en la escorrentía en Cuenca Río Chagres Caribe de Panamá			
		+2°C Temp. +20% Precip.	+2°C Temp. +10% Precip.	+2°C Temp. -20% Precip.	+2°C Temp. -10% Precip.
Media	4.06	5.41	4.78	3.00	3.57
Porcentaje	-----	+28%	+14%	-26%	-13%
Marzo	0.67	0.77 (+ 15%)	0.72 (+ 7%)	0.55 (-18%)	0.60 (-10%)
Noviembre	8.3	11.0 (+33%)	9.79 (+ 18%)	6.10 (-27%)	7.32 (-12%)

Estudios realizados en la región Centroamericana indican que el cambio climático también tendrá incidencia en algunos fenómenos extremos como los huracanes. Un estudio realizado por Brenes y Saborío (1995) muestra que los huracanes del Atlántico han disminuido su frecuencia dentro de la cuenca del Caribe. Esto tiene una implicación directa en la cantidad de lluvia a lo largo del Pacífico Centroamericano ya que una contribución importante a la lluvia de esta vertiente es la advección de humedad desde el océano.

Además de los huracanes, el cambio climático también afecta el fenómeno del Niño y la Niña². Las manifestaciones de estos fenómenos en Latinoamérica varían mucho, por ejemplo en México y partes del Caribe, la señal del ENOS corresponde a más precipitación

² Los extremos en la Oscilación del Sur (SO): El fenómeno de El Niño, representa la fase negativa de la Oscilación del Sur y también se le llama ENOS. La fase positiva de la Oscilación del Sur se refiere como La Niña.

durante su época de invierno y menos precipitación durante su verano (Magaña y Quintanar 1997, citados en IPCC, 2001). En la región Este de los Andes, sobre Ecuador y Perú, se presentan anomalías positivas en la precipitación durante El Niño. Sobre Colombia, El Niño está asociado con la reducción de la precipitación y La Niña con precipitaciones intensas e inundaciones (Poveda y Mesa 1997, citados por IPCC, 2001).

De igual forma, para Centroamérica la señal de la Niña es casi lo contrario a la señal de El Niño, mucho de esto asociado a la interacción de la compleja topografía del Istmo y el viento. Durante los años de El Niño, la vertiente del pacífico experimenta una reducción importante en la lluvia, presentándose en la mayoría de los casos condiciones de sequía, mientras que la vertiente del Caribe experimenta más lluvia que lo normal. De acuerdo con un estudio reciente sobre la sequía del 2001 preparado por Ramírez y Brenes (2001) para el Comité Regional de Recursos Hidráulico, a pesar de que los años Niño presentan sequía no todas las sequías en Centroamérica se asocian a este fenómeno.

El CRRH ha finalizado un estudio para CEPREDENAC y BID donde se desarrolló un sistema de alerta temprana para mitigar los impactos de los fenómenos de la variabilidad climática. Este estudio se sustenta en información detallada de El Niño 97-98 e identifica las principales zonas de desviaciones climáticas en cada uno de los países de Centroamérica, durante sus 18 meses de ocurrencia. Un valor adicional que tendría esta información es la posibilidad de desarrollar estudios de sensibilidad, utilizando este estudio como escenario analógico de cambio climático (Chacón, J.J., por publicarse).

En el caso de La Niña, este fenómeno está menos documentado en Centroamérica; sin embargo, se han observado aumentos significativos en la lluvia en ambas vertientes. El caso más reciente se asocia con la ocurrencia del huracán Mitch, el cual fue un huracán de mucha intensidad acoplándose a condiciones atmosféricas de mayor escala que contribuyeron a potenciar su intensidad y producir los impactos ampliamente discutidos en la literatura.

Se concluye de esta información sobre cambio y variabilidad climática que la región Centroamericana ya está expuesta a condiciones de clima cambiante, que las proyecciones climáticas, aunque conservadoras, no presentan condiciones más favorables para el Istmo y que ante esto hay que continuar monitoreando cuidadosamente los impactos que estos cambios producen, no solo en las actividades humanas sino también en los recursos naturales. Es importante reconocer que estos cambios no se presentan repentinamente, son progresivos. Además, las variaciones mencionadas son calculadas sobre valores medios, por lo que es de esperar efectos importantes en sus extremos. Dado que el cambio climático es el cambio en el clima durante un período de tiempo, debido a causas naturales de la variabilidad del clima o a la intervención del ser humano a través de sus actividades (IPCC, 2001), es difícil

segregar los efectos de la variabilidad climática por causas naturales de las causas antropogénicas. Pero es definitivo que los fenómenos de la variabilidad climática tienen gran influencia sobre las actividades humanas y los recursos naturales en la región Centroamericana.

2.3 Las repercusiones del cambio climático en los humedales de Centroamérica

La inte-relación de los humedales con el agua y el cambio climático no está adecuadamente documentada en Centroamérica. El tema sobre cambio y variabilidad climática en la región principalmente se ha enfocado en analizar la relación con los bosques y su capacidad de captación de dióxido de carbono. A pesar de esto hay evidencia en otras latitudes de los aspectos en que se podrían ver afectados los humedales en condiciones climáticas cambiantes.

Al ser la condición hídrica un componente fundamental de los humedales y al estar esta condición determinada o estrechamente asociada por el clima, resulta de vital importancia considerar el posible efecto del cambio climático sobre los humedales. En la medida que aumenten o disminuyan las lluvias o varíe su distribución, así como la temperatura, los humedales sufrirán cambios y se verán seriamente amenazados. Por ejemplo, se considera que los incrementos en la temperatura hasta ahora proyectados para Centroamérica, serán un factor determinante en la composición y distribución de la vegetación. Esto debido a que la vegetación de los humedales está adaptada a condiciones de sitio particulares y son altamente sensibles a la disponibilidad de agua.

El aumento en la temperatura también puede afectar a la fauna. Es posible que las aves y mamíferos, por su capacidad de desplazamiento sean menos vulnerables ante el cambio climático que otros animales, aunque podrían verse afectados por la disponibilidad de alimentos. El aumento de temperatura podría afectar significativamente especies menores de animales muy sensibles a la temperatura, como los peces, los reptiles y los anfibios. Hay estudios realizados sobre los anfibios en Monteverde, Costa Rica, que demuestran el impacto climático en algunas especies como el sapo dorado (Pounds, 1990; Pounds, 1991-a; Pounds 1991-b; Pounds et al., 1994). Las poblaciones de otros organismos que también se verían afectadas, pueden tener repercusiones económicas importantes, dado que muchas sirven como alimento en las cadenas tróficas superiores que se explotan comercialmente, como el caso de las pesquerías. Por otra parte, se ha comprobado que en el caso de los arrecifes de coral, una variación de la temperatura puede afectar significativamente sus funciones o incluso su muerte debido al fenómeno conocido como “blanqueamiento de corales”.

La existencia de los humedales depende principalmente de la disponibilidad de agua. Es evidente que una disminución del 10 o 15% en la precipitación será significativa para los humedales. Ante una disminución tan significativa en las lluvias, la vegetación hidrófila tendrá que adaptarse o desplazarse. Asimismo, se pueden afectar los regímenes hidrológicos de estos ecosistemas cuyo control es fundamental para su existencia (Acreman, 2000). No se sabe con certeza si los humedales tendrán la capacidad de desplazarse. Sin embargo, se prevé que un aumento de la temperatura o un cambio en la disponibilidad de agua, hará que algunas especies de vegetación hidrófila puedan adaptarse a suelos con menores niveles de saturación hídrica. Por el contrario, estos cambios climáticos también propiciarían la adaptación de otro tipo de vegetación no hidrófila, que invadiría las áreas que van perdiendo humedad. En los humedales palustrinos las sequías prolongadas y frecuentes hacen que los bordes o límites sean invadidos por especies de tierra firme, las cuales colonizan y se adaptan, transformando el paisaje de los humedales. En esto contribuyen otras acciones humanas directas como los son el avenamiento, el relleno, la construcción de caminos, el cierre de bocas de estero y la construcción de complejos habitacionales.

Se considera que un cambio en la distribución de las lluvias o del período seco, será más significativo que la disminución media anual. Las evidencias actuales de huracanes y sequías muestran que estos cambios se deben más a la distribución del régimen hidrológico que a la cantidad neta de precipitación anual. En otras palabras el efecto es significativo cuando se da en un aumento o disminución en el período seco, dado que ello afecta los procesos biológicos de las plantas y animales. Los períodos extremos de sequía harán que los acuíferos y los ríos se sequen, disminuyendo la capacidad de retención y almacenamiento de agua de los humedales.

Un caso concreto de impactos por sequía se dio en la laguna de Caño Negro, Costa Rica, durante la sequía del año 2001, en donde hubo incendios en la laguna, afectando el paisaje y los ecosistemas. El fuego se mantuvo en el subsuelo, debido al componente de turba en el sustrato. Similarmente, un estudio realizado por la Universidad de Costa Rica sobre la sedimentación en esta laguna demostró incrementos anormales durante el Huracán Mitch.

Hay otros eventos extremos que pueden tener graves consecuencias para los humedales. En los últimos cinco años, por ejemplo, se han presentado tres fenómenos climáticos, considerados anormales: el fenómeno de El Niño en los años 1997-98, el Huracán Mitch en 1998 y la sequía en el año 2001. Aunque las acciones del ser humano como el cambio de uso del suelo, el drenaje de humedales, y la construcción de represas afectan los

³ "...como el esqueleto de los corales es blanco y el tejido es transparente, al perder los pigmentos y las zooxantelas, los corales se ven blancos y se dice que se han blanqueado. A raíz del calentamiento del agua causado por El Niño, en especial en 1982-83 y en 1997-98, se dio un blanqueamiento masivo de corales y otros organismos arrecifales. Los corales mueren si no recuperan las zooxantelas en las siguientes semanas o meses. Durante 1983 murieron muchos corales en ambas costas de Costa Rica, por ejemplo, en la Isla del Caño murió la mitad de las colonias de corales." (Cortez y León, 2002)

humedales, fue evidente que los procesos de degradación se magnificaron cuando se dieron estos fenómenos climáticos.

Los huracanes también afectan de forma drástica a los bosques inundados de las tierras bajas. Los árboles en estas zonas tienen las raíces poco profundas debido a la falta de oxígeno en suelos anegados, por lo que se desploman fácilmente ante el impacto de vientos fuertes. Al mismo tiempo, otros humedales juegan una función importante de protección física, que se podría ver afectada. Por ejemplo en Barra de Santiago, El Salvador; se afirma que si no hubiese existido un área importante de manglar, el Huracán Mitch hubiera arrasado totalmente con las comunidades costeras (Rivas, com. pers. 2000). Sin embargo, no existen datos sistematizados que documenten esta experiencia en la región.

Aunque no se evidenciaron daños en los humedales costeros, es de esperar que podría darse un desplazamiento de los manglares tierra adentro, o si el incremento en el nivel del mar es demasiado acelerado, los manglares podrían ahogarse y desaparecer. En varios casos se han observado como los manglares avanzan tierra adentro producto de una disminución de los caudales de los ríos, que rompen el equilibrio con el mar y tienden a salinizar las tierras costeras e interiores. Se han presentado casos de construcciones cerca de los humedales y en las costas, las cuales han tenido que eliminarse o moverse hacia el interior, debido al efecto de la marea. El peligro que corren los humedales en este caso, está en que el ser humano no quiere ceder tierra y desarrolla obras civiles que detienen o impiden los procesos de adaptación de los ecosistemas. En este sentido, la adaptabilidad de los humedales dependerá en gran medida de las políticas de ordenamiento territorial. Si se construyen obras de contención que impidan que el manglar compense el área perdida en el mar con la de tierra adentro, los manglares podrían desaparecer; aunque la experiencia en este caso es que el mar gana la partida. Una razón simple es que el aumento en el nivel del mar produce un trastorno en los drenajes de las aguas residuales de la infraestructura costera, que no deja otra opción más económica que el retiro o el abandono de estas tierras.

La afectación de los recursos marino-costeros de la región Centroamericana está asociada al potencial ascenso del nivel medio del mar debido al calentamiento global de la atmósfera. Tomando en consideración los escenarios globales de aumento de este nivel en 1 metro, el PCCC estudió la mayor parte de la costa del Pacífico de Centroamérica así como las costas del Caribe en Belice y Honduras. El estudio identifica zonas críticas donde a través de los procesos de erosión, trasgresión e inundación, tanto los recursos naturales de las zonas costeras como la infraestructura desarrollada sobre ésta, se encuentran ante un potencial peligro. Uno de los problemas más serios para el futuro desarrollo de las zonas costeras de Centroamérica lo será la salinización de las fuentes subterráneas de agua potable (pozos).

El aumento en el nivel del mar hasta en un metro, también tiene gran importancia para la existencia de los humedales marinos y estuarinos. Con un aumento en el nivel del mar, las tierras costeras tienden a salinizarse; entonces, los humedales estuarinos como los manglares (Cuadro 8), tratarán de desplazarse tierra adentro; desapareciendo en la costa por la profundidad del mar, pero a la vez adaptándose tierra adentro, que poco a poco se va inundando.

Aunque no hay estudios que lo demuestren, se prevé que un grupo que se verá afectado por el incremento del nivel del mar será las tortugas marinas. Centroamérica tiene gran importancia para las tortugas por sus sitios de anidación en los litorales. Si consideramos un incremento en el nivel de hasta un metro, es posible que muchas de estas playas desaparezcan. Esta situación se hará más crítica si consideramos que el desarrollo hotelero costero de la región ya está afectando y limitando el espacio para la anidación.

En el año de 1998 se presentó una marea en la costa Pacífica, considerada anormal. La “llena” inundó casi la totalidad de la ciudad costera de Puntarenas, Costa Rica (MINAE-IMN, 2000). Esta situación será cada vez más frecuente, lo que es una gran preocupación, puesto que a mediano plazo la ciudad tendrá que desplazarse tierra adentro, con todas sus implicaciones socioeconómicas.

Cuadro 8: Reacciones Potenciales de los Manglares al Incremento en el Nivel del Mar

“La respuesta final de los ecosistemas de manglar estará determinada por el balance dinámico entre la tasa de incremento del nivel del mar, la acreción sedimentaria y la migración lateral. Cuando el incremento del nivel del mar es mucho mayor que la acreción sedimentaria y el traslado de la línea de costa sobrepasa la tasa a la cual pueden migrar los manglares, el ecosistema se sumergirá y será reemplazado por un ambiente costero marino. Si la tasa del incremento del nivel del mar es mayor que la acreción sedimentaria, pero la tasa de traslado de la línea de costa no sobrepasa la capacidad del ecosistema de migrar tierra adentro, el bosque podrá retraerse tierra adentro. Finalmente si el incremento del nivel del mar es relativamente pequeño, los manglares pueden permanecer en la línea de costa actual acumulando sedimentos en la vertical del sustrato.” (Yáñez-Arancibia et al., 1998, pg. 16)

El crecimiento poblacional de Centroamérica (de 30 millones en 1993 a 90 millones en 2075, bajo un escenario optimista) y el crecimiento de la demanda de bienes y servicios, todo sumado a los efectos de un clima cambiante, pone a los humedales de Centroamérica en una posición de altísima vulnerabilidad. Bajo estas condiciones, las decisiones que se tomen en un corto plazo serán de vital importancia.

3 Alternativas para la Mitigación de los Impactos del Cambio Climático en los Humedales Centroamericanos

3.1 Acciones Iniciadas en la Región

En vista de la relación ciencia-política que posee este tema, al principio de los noventa se planteó la posibilidad de establecer un acuerdo Centroamericano que contemplara una coordinación regional en lo que respecta al tema de cambio climático. De esta forma en octubre de 1993, los Presidentes de la región firman en Guatemala el "Acuerdo Centroamericano sobre Cambio Climático". Este documento sirve de base para que los países realicen gestiones conjuntas para atender los compromisos del Convenio Marco sobre Cambio Climático y para realizar estudios que disminuyan las incertidumbres relacionadas con el cambio climático.

La responsabilidad es delegada a dos organismos regionales, el Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH) y la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). Los aspectos técnicos están siendo desarrollados a nivel regional por el CRRH. La CCAD actúa como el enlace político entre los países y será quien lleve al nivel decisorio los resultados obtenidos de los estudios técnicos.

Ambas instituciones conformaron el "Proyecto Centroamericano sobre Cambio Climático" (PCCC), el cual desarrolla en su primera fase el componente de vulnerabilidad de los recursos hídricos, agrícolas y costeros ante escenarios particulares de cambio climático. Este proyecto se realiza con la cooperación del Gobierno de los Estados Unidos, a través del Programa de los Estados Unidos sobre Cambio Climático (US-CSP).

Al mismo tiempo gestiones individuales de algunos países les han permitido desarrollar algunos otros componentes como por ejemplo, el inventario de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero (todos los países de la región cuentan con su inventario), desarrollado con la cooperación del Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA), y actividades relacionadas con las negociaciones llevadas por las Conferencias de la Partes (CoPs). Otras iniciativas que se desarrollan actualmente con la cooperación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, son los proyectos para la elaboración de las Comunicaciones Nacionales para la CoP. Estos proyectos incluyen la elaboración de los inventarios y en algunos casos actividades relacionadas con la vulnerabilidad y la adaptación.

También existe cooperación bilateral para estudios de impactos entre Costa Rica y Holanda y entre Nicaragua y Finlandia. En el primer caso se han estudiado los impactos en los cultivos de la papa, café, y frijol, el efecto socio económico determinado por escenarios de 0,30cm y 1m de aumento en el nivel medio del mar en la región portuaria

de Puntarenas y el impacto del cambio climático sobre el bosque de Costa Rica.

El proyecto de cooperación entre Nicaragua y Finlandia desarrollará, entre otros, estudios de impactos en salud, pesca y bosques.

La creación del PCCC bajo la coordinación del CRRH y la CCAD ha permitido que se desarrolle un esquema organizativo, el cual se mantiene en estado de evolución permanente. Este esquema se rige por una línea de pensamiento la cual se inspira en el "Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático" (UN-FCCC), anexo II, y al mismo tiempo incorpora las relaciones con otro aspecto climático importante para la región como lo es la variabilidad climática.

Además de las iniciativas centroamericanas sobre cambio climático, el tema de los humedales ha tomado importancia en los últimos años. Entre 1993 y 1994 la UICN inició un proceso para elaborar una Estrategia de Conservación y Desarrollo Sostenible para los Humedales de Costa Rica, lo cual se ha tratado de extender a toda la región. A partir de ahí el concepto de humedal se ha venido escuchando en diferentes foros. Se realizaron talleres y consultas a las comunidades, con académicos y técnicos. Actualmente, en Costa Rica se encuentra planteado un proyecto de ley sobre los humedales, y ya se aprobó una política nacional de humedales (MINAE, 2001). Igualmente, Nicaragua y Costa Rica cuentan con comités activos sobre humedales. El Salvador tiene una propuesta de decreto para crear el Comité Nacional de Humedales.

Durante 1999 y parte del año 2000 la UICN, junto con otros organismos, promovieron la elaboración de la Visión del Agua y la Naturaleza, como parte integral de la Visión Mundial del Agua. Ésta consiste en un documento que propone acciones dentro de un marco de metas fundamentales a las que la humanidad debe aspirar. Se pretende desarrollar conciencia a todo nivel sobre la crisis del agua y sobre el manejo sostenible del recurso. Se reconoce que existe una interdependencia entre el bienestar social, la estabilidad económica y el medio ambiente y que para que exista una seguridad ambiental, social y económica es necesario promover cambios en las actitudes y comportamientos humanos hacia el agua.

Con respecto a la legislación, Costa Rica, El Salvador y Panamá tienen leyes que tratan temas relacionados con el manejo y protección de los humedales. Costa Rica y Guatemala cuentan con el inventario de humedales y Nicaragua está proponiendo el proceso para su elaboración.

Se están proponiendo nuevos sitios Ramsar, en el caso de El Salvador con tres sitios y Panamá con uno y la ampliación de otro. Sobre los planes de manejo de estos humedales, Belice cuenta con uno de un sitio, Costa Rica con ocho de los 10 declarados, El Salvador

con uno de uno, Guatemala con tres de los cuatros declarados y Panamá tiene uno en preparación. Existe un Plan Estratégico Ramsar para el período 2002-2003 en el cual se incluyó el tema de las inundaciones e investigación.

3.2 La anticipación de los impactos del cambio climático en los ecosistemas de agua dulce.

La forma más efectiva de lidiar con los impactos del cambio climático es anticipándolos. Al comprender las repercusiones de impactos futuros, los países, instituciones, empresas, o individuos pueden actuar de forma anticipada. Esto permite planificar y adaptarse de tal forma que se minimicen o eviten algunos impactos del cambio climático.

Hasta el momento, los esfuerzos por anticipar los efectos del cambio climático en Centroamérica han sido mínimos, limitándose en su mayor parte a algunos pocos estudios. Entre estos se incluye el estudio del Instituto Meteorológico de Costa Rica que determinó los impactos del aumento del nivel del mar en la una pequeña sección de la costa Pacífica del país (IMN, 2000). Afortunadamente se prevé que esta situación cambie en el futuro cercano, conforme se evidencia cada vez más la necesidad de acciones preventivas.

Es probable que estas acciones se den primero en actividades que impactan directamente la economía, como en los sectores agrícolas y de infraestructura. Pero la crisis del agua, que ha tomado mayor atención del público en tiempos recientes también resultará en que se desarrollen algunas acciones de anticipación al cambio climático. De esta forma, es posible que los análisis futuros se centren en aspectos como disponibilidad de agua y aumento en el nivel del mar. Habrá que desarrollar escenarios adicionales que se enfoquen en los aspectos ecológicos de los humedales.

Además de los estudios se requiere implementar acciones para que sea efectiva la anticipación. Por ejemplo, una vez que se identifiquen áreas de amortiguamiento para las principales zonas protegidas de humedales en la región, que permitan la expansión o contracción del ecosistema conforme cambie el clima, habrá que proceder a asegurar la adquisición de las tierras. Otra opción sería ajustar el ordenamiento territorial y los planes de desarrollo local de tal forma que le den espacio al ecosistema para adaptarse.

3.3 La mitigación de los impactos sobre los ecosistemas de agua dulce, debido a la actual variabilidad climática.

Existen esfuerzos por revertir los procesos de degradación de los humedales, tales como los sitios Ramsar, la protección de áreas silvestres y los programas de educación

ambiental, pero de manera aislada. Hasta el momento no han sido enfocados como un problema integrado al cambio climático, de modo que vayan dirigidos a la mitigación de la variabilidad climática en los humedales. En este sentido, un primer paso muy importante, sería conocer la posible disminución o aumento de la precipitación y la temperatura y como éstos factores afectarían los balances hídricos, que consecuentemente incidirían en los caudales y aportes de agua a los humedales. Ello ayudará a establecer pautas para definir el caudal mínimo que mantengan las funciones ecológicas de los humedales.

3.4 Mecanismos para promover o financiar la mitigación, disminuir, evitar y compensar los impactos en el cambio climático.

El principal mecanismo para mitigar los efectos del cambio climático es minimizar las emisiones antropogénicas de gases efecto invernadero. Esto es una responsabilidad de todos los habitantes del planeta, y hacia esa meta está enfocada la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, que representa la respuesta del mundo para reducir las consecuencias adversas del efecto invernadero. Al mismo tiempo se cuenta con la Convención Ramsar, que es una iniciativa global para promover la protección de los humedales, reconociendo que las actividades humanas están afectando y han acelerado el proceso de deterioro de los humedales. Ambas Convenciones son iniciativas globales que deben ser complementadas por acciones locales y regionales.

Regionalmente en Centroamérica ya existe un marco para la coordinación de acciones en el tema del cambio climático, a través del Acuerdo Centroamericano sobre Cambio Climático. Este mecanismo debe ser aprovechado por medio de la CCAD y el CRRH, de tal forma que incorpore un componente de humedales y cambio climático. Asimismo, la Política Regional de Humedales, incluye el tema sobre los posibles efectos de la variabilidad climática sobre estos ecosistemas y la necesidad de tomar medidas de prevención y control. Cada día son más evidentes los beneficios de que Centroamérica actúe como bloque antes retos comunes, como lo es en este caso la amenaza inminente que representa el cambio climático para los ecosistemas de humedales.

Al igual que en la escala regional, también existe toda una institucionalidad en cada país que vela por los temas ambientales y en la mayoría de los casos existen aspectos específicos para los ecosistemas de humedales.

Para las acciones nacionales es importante usar los mecanismos que ya están disponibles. En algunos casos habrá que reforzar el marco legal para apoyar las estructuras institucionales, pero en otros casos ya está avanzado este tema.

En la actualidad entonces un paso fundamental para poder financiar las acciones necesarias es tener la capacidad de argumentar la importancia de esta iniciativa. Para esto, hay que proveer a los decisores con información clara y concisa, que resalte la importancia de los humedales y que explique cuáles son los riesgos que presenta el cambio climático. Este fundamento es lo que permitirá que los decisores apoyen las acciones que se plantean hacer, ya sea a nivel regional o nacional.

De la capacidad de argumentación depende la asignación presupuestaria de los gobiernos. Similarmente, en algunos casos el apoyo que se busque no será financiero sino legal. Una de las principales acciones debe ir enfocada a que se cumpla con las normas vigentes, que en su mayoría son buenas pero no se implementan en la realidad. Es necesario también contar con el apoyo de gobiernos municipales, sobre todo en aspectos que tengan que ver con el ordenamiento territorial a nivel local.

Un caso especial que se necesita avanzar en toda la región es el tema de los caudales ambientales. Hay que consolidar apoyo político para garantizar los flujos de agua adecuados para la manutención de los humedales y por tanto de las personas que de ellos dependen para su subsistencia. En este tema en particular es importante hacer un acercamiento con el sector privado y los usuarios del agua, de tal forma que cale la necesidad de tener un balance entre el agua destinada a la producción comercial y el agua para mantener las funciones ecosistémicas.

Algunas actividades humanas que ameritan especial atención son el cambio de uso de la tierra, la construcción de grandes obras de infraestructura y captación de agua, el consumo de agua, y la contaminación del agua. En el tema del cambio de uso del suelo, actualmente se están desarrollando mecanismos de financiamiento para que los propietarios de tierras con bosque los conserven, o tierras que han sido degradadas puedan ser restauradas. Es factible buscar alguna alternativa similar para retribuir los servicios que prestan los humedales.

Otro mecanismo de financiamiento que se está utilizando en Costa Rica para la conservación de bosque consiste en cobrar una tarifa adicional para el consumo doméstico e industrial del agua potable, así como una tarifa para los proyectos de riego. Esta es una buena alternativa para los usuarios de las áreas urbanas que toman el agua de los acueductos, aunque podría estudiarse la posibilidad de incluirlo en los acueductos rurales. Así mismo, puede ser un incentivo para el uso racional del agua para riego.

Además de fuentes locales de financiamiento, es importante gestionar fondos en el extranjero. Sería importante explorar la posibilidad de desarrollar acciones a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio, de tal forma que se consigan fondos para la adaptabilidad de los humedales.

4 Recomendaciones y Preparaciones para Adaptarse al Cambio Climático

No existe ninguna alternativa práctica para proteger los humedales del cambio climático, debido a que éste depende de las emisiones globales de gases efecto invernadero. La alternativa que se está explorando para reducir estas emisiones se negocia a nivel global a través del Protocolo de Kyoto. En general se podría decir que lo más práctico sería incorporar el cambio climático en el Manejo Integrado de Zonas Costeras. Ya existen una serie de experiencias de manejo integrado en América Latina de las cuales se puede aprender (Yáñez-Arancibia, 2000) a las cuales se les podría incorporar el componente climático. Aunque las iniciativas de manejo integrado son pequeñas y no siempre con la continuidad necesaria, hay otras acciones puntuales, locales, y regionales que se pueden ejecutar para minimizar y adaptarse a los impactos.

Las variaciones en la cantidad y la calidad del agua es de enorme importancia para las diferentes especies de plantas, animales y seres humanos que viven a lo largo de los cursos de los ríos y que dependen de los recursos naturales. Se debe evitar alterar el régimen hídrico de los ríos, ya que una gestión poco responsable de los recursos del agua o su sobreexplotación, pueden tener efectos desastrosos para el ecosistema de ribera.

Las acciones para mitigar el impacto en los humedales por el cambio climático se deben realizar desde diferentes perspectivas. Se debe **promover la investigación**, en donde se genere el conocimiento necesario para identificar el problema. En este campo debe completarse el inventario de humedales para toda Centroamérica. El inventario debe identificar los humedales actuales, pero también los humedales que han sido eliminados y que por sus características naturales es posible que puedan restaurarse.

También es necesario estudiar el impacto del cambio climático en los humedales. Los estudios deben realizarse a nivel centroamericano considerando como base de análisis las cuencas hidrográficas. Se deben construir escenarios a futuro, aplicando los resultados de los modelos de cambio climático en función de las otras variables que afectan los humedales, tales como la deforestación, la demanda de agua, la contaminación por aguas residuales, y el represamiento de los ríos.

Debe realizarse un estudio integral sobre la situación legal de los humedales en el área centroamericana. La tenencia de la tierra es un factor determinante en la conservación de los humedales. Es importante identificar cuales humedales son propiedad del Estado y cuales privados, y cual es el alcance legal para cada situación de tenencia, sobre si se permite la tala árboles, palmas y manglares, el avenamiento, el uso del agua para riego, el establecimiento de industrias y la construcción de infraestructura.

Otra acción es **fomentar la conciencia en la población Centroamericana**, sobre la necesidad de tomar actitudes positivas con respecto a la recuperación y mitigación de impactos en los humedales, que involucren acciones para mitigar el cambio climático. La promoción debe estar orientada a diferentes públicos meta: a los estudiantes que son los hombres y mujeres del mañana, a los políticos que son los decisores actuales y al público en general que somos los responsables directos.

Ya existen campañas de promoción de la conciencia sobre la importancia del agua y de los humedales. Es importante que estas iniciativas incluyan el componente climático, entendido como un catalizador de los procesos de destrucción de los humedales y recursos hídricos, por lo que se deben tomar medidas más consistentes.

Una alternativa para contener la destrucción de algunos humedales, como los pantanos, es brindándole opciones de uso; por ejemplo el desarrollo del ecoturismo. En el caso de humedales que han sido impactados, debe promoverse la restauración, habilitándolos para la vida silvestre. Otro mecanismo para reducir la deforestación y restaurar el bosque en tierras degradadas es asignarle un valor al bosque reconociendo el pago por los servicios ambientales que éstos prestan y que dichos recursos financieros puedan llegar a los dueños de tierras.

Entre los procesos de mitigación y adaptación al fenómeno del cambio climático deben incluirse las nuevas opciones energéticas que sustituyan y reduzcan las necesidades de represamiento. Se sugiere seguir las recomendaciones aportadas por la Comisión Mundial de Represas en relación a los humedales y las represas, y sobre todo en torno a los caudales ambientales.

El tratamiento de aguas residuales es un problema delicado debido, principalmente, al elevado costo para el mejoramiento de la infraestructura de los acueductos y del tratamiento de las aguas servidas, siendo un problema en crecimiento por la acelerada demanda de agua. Es importante tomar acciones para el uso racional de recursos hídricos y establecer políticas duras para el tratamiento de aguas en las nuevas industrias y acueductos urbanos.

Además de las acciones ya mencionadas, hay algunas actividades concretas que se pueden desarrollar con el objetivo de minimizar la vulnerabilidad de los humedales al cambio climático, dentro de las cuales están:

- Refinar los mapas y completar el inventario y diagnóstico de los humedales en Centroamérica
- Priorizar los humedales por su importancia ecológica y económica, e identificar

cuáles de éstos humedales serían afectados por el cambio climático (ej. hacer mapas de áreas que quedarían sumergidas con el incremento en el nivel del mar)

- Hacer proyecciones de cuáles zonas en la región se verían más afectadas por la competencia por el recurso hídrico, y analizar si ahí hay humedales que podrían verse afectados por escasez de agua.
- Elaborar un ‘libro blanco’ (white paper) sobre las variaciones proyectadas para los eventos extremos y cuáles pueden ser las respuestas en la región (ej. medidas estructurales, Plan Puebla Panamá, etc.), y cómo esa infraestructura podría afectar a los humedales
- Hacer una rápida evaluación de la capacidad de adaptabilidad de los principales humedales de la región, incluyendo la capacidad de resiliencia y mitigación de efectos de fenómenos extremos.
- Establecer estaciones de monitoreo para algunas variables hidrometeorológicas en sitios estratégicos que contribuyan con información más detallada sobre los impactos del cambio climático en los humedales de la región. Esto incluye recolectar información en sitios puntuales para comparar las condiciones antes y después de eventos como El Niño, La Niña, huracanes, sequías, e inundaciones.
- Determinar los balances hídricos y sus relaciones con los principales ecosistemas de humedales de los países con el fin de contar con información fidedigna que ayude a la toma de decisiones sobre los planes de prevención y mitigación de los efectos del cambio climático en estos ecosistemas.
- Hacer proyecciones de los impactos del cambio climático en el transporte de sedimentos, y el impacto de esto en los humedales, zonas costeras, y arrecifes de coral. Esto es de mayor importancia en cuencas altamente degradadas, con suelos erodables, y con grandes represas.
- Hacer una evaluación a las principales áreas protegidas que actualmente sirven para conservar los humedales, e identificar si se debería expandir el área de esas zonas protegidas de tal forma que facilite la adaptabilidad de los ecosistemas de humedales. Esto puede incluir la identificación de potenciales corredores biológicos para humedales, que son muy diferentes a los corredores biológicos para ecosistemas terrestres.
- Articular los planes de recursos hídricos y cuencas hidrográficas relacionados con cambio climático y humedales.

5 Referencias

Acreman, M. 2000. Hidrología de los Humedales. Tour du Valat. Francia. 109 p.

Argeñal, F., Campos, M., *Caracterización Climática de Honduras* - Nota Técnica. Programa Cambio Climático-Secretaría de Recursos Naturales de Honduras (SERNA), Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH), Sistema de la Integración Centroamericana (SICA).

Bravo, J. y N. Windevoxhel. 1997. Manual para la identificación y clasificación de humedales en Costa Rica. 1ª. Ed. San José, Costa Rica: UICN-ORMA: MINAE: Embajada Real de los Países Bajos. 37 p.

Brenes, A., Saborío, V.F., 1995: *Changes in the general circulation and its influence on precipitation trends in Central America: Costa Rica*. Ambio, 23(1) 87-90.

CCAD & UICN. 2002. Política Centroamericana para la Conservación y el Uso Racional de los Humedales. 41p.

Chacón, J.J., 2002: Mitigando los efectos de El Niño. Informe Técnico. Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH), Centro para la Prevención de los Desastres Naturales (CEPREDENAC), Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Cortés, J. y A. León. 2002. Arrecifes coralinos del Caribe de Costa Rica. 1a Ed. INBio. 140p. San José.

Davidson, I. y M. Gauthier. 1993. Wetland Conservation in Central America. Report # 93-3. North American Wetlands Conservation Council, Canada.

Dugan, P. 1992. Conservación de Humedales: Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. UICN. Gland, Suiza.

Gómez, I., 1995. Variación interanual de la temperatura en Costa Rica. Tesis (licenciatura en meteorología)--Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias. Escuela de Física.

Halls, A.J. (ed.). 1997. Wetlands, Biodiversity and the Ramsar Convention: The Role of the Convention on Wetlands in the Conservation and Wise Use of Biodiversity. Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group II-Third Assessment Report, Climate Change. Cambridge Press, Cambridge.

IMN (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica), 2000. Estudios de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático. Ministerio del Ambiente y Energía, Institute for Environmental Studies, y Coastal Zone Management Centre. San José, Costa Rica.

Kelly, P.M., 1991: Regional Climate Scenarios for Costa Rica. Climate Research Unit, University of East Anglia, U.K.

LeRoy Poff, N., M. A. Brinson and John W. Day. 2002. Aquatic Ecosystems & Global Climatic Change: Potential Impacts on Inland Freshwater and Coastal Wetlands Ecosystem in the United States. Pew Center on Global Climate Change, Arlington Virginia, 45 pp.

MARENA. 2000. Escenarios Climáticos y Socioeconómicos de Nicaragua para el siglo XXI. PNUD-NIC/98/G31, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua, Nicaragua.

MINAE-IMN, Costa Rica, 1999: Primera Comunicación Nacional de Costa Rica sobre Cambio Climático. Ministerio del Ambiente y Energía de Costa Rica.

MINAE-IMN, 2000: Estudios de cambio climático en Costa Rica. Ministerio del Ambiente y Energía de Costa Rica-Instituto Meteorológico Nacional. San José.

MINAE-SINAC & UICN-ORMA. 1998. Inventario de los Humedales de Costa Rica. Ed. Córdoba R. et. al. San José. Costa Rica. 380p.

MINAE & UICN. 2001. Política de los Humedales de Costa Rica. Programa Nacional de Humedales. MINAE. 25 p.

PCCC, 1995: Proyecto Centroamericano sobre Cambio Climático, Reportes de estudios de impactos del cambio climático en los recursos hídricos, agrícolas y marino costeros del Istmo Centroamericano. Comité Regional de Recursos Hidráulicos-Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.

Pizarro, F. 2002. UICN-Mesoamérica. Comunicación Personal.

Pounds, A. 1990. *Dissapearing Gold*. BBC Wildlife. 8: 813-817, Dic.

Pounds, A. 1991-a. *The Secret Sahara*. BBC Wildlife. Jun. 381.

Pounds, A. 1991-b. *New Clues in the Case of the Disappearing Amphibians*. Wildlife Conservation. Nov.- Dic. 16-18.

Pounds, A; Crump, M. 1994. *Amphibian Declines And Climate Disturbance: The Case Of The Golden Toad And The Harlequin Frog*. Conservation Biology. 8(1):72-85.

Ramírez, P., Brenes, A., 2001: Condiciones de la sequía observadas en el Istmo Centromericano en el 2001- Informe Técnico. Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH), Sistema de la Integración Centroamericana (SICA).

Rivas, Francisco. 2000. Fundación Amar, El Salvador. Comunicación Personal.

Scott, D. y Carbonell, M. 1986. Inventario de Humedales de la Región Neotropical. Buró Internacional para el Estudio de las Aves Acuáticas (IWRB) y UICN. Cambridge.

SERNA, Honduras, 2000: Primera Comunicación Nacional de Honduras sobre Cambio Climático. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente de Honduras.

Ramsar. Sin fecha. Valores y funciones de los humedales. www.ramsar.org

UICN-Mesoamérica y CONAP. 2001. Inventario Nacional de los Humedales de Guatemala. Ed. Dix, Margareth y J.F Hernández. San José. Costa Rica. 154 p.

UICN. 1999. Humedales de Mesoamérica. Sitios Ramsar de Centroamérica y México. Costa Rica.

Vaughan, C.; McCoy, M.; Fallas, J.; Chaves, H.; Barboza, G., Wong, G., Carbonnell, M., Rau, J., y Carranza, M. 1996. Plan de Manejo y Desarrollo del Parque Nacional Palo Verde y Reserva Biológica Lomas Barbudal. Universidad Nacional, Heredia.

Windevoxhel, N.; Rodríguez, J.; y Lahmann, E. 1998. Situación del manejo integrado en zonas costeras de América Central: experiencias del programa de conservación de humedales y zonas costeras de la UICN para la región. Serie Técnica Documento de Trabajo #3. UICN-ORMA.

Windevoxhel, N.; Rodríguez, J.; y Lahmann, E. 1999. Situation of integrated coastal zone management in Central America: Experiences of the IUCN wetlands and coastal zone conservation management. *Oceans and Coastal Management*. 42:257-282.

Yáñez-Arancibia, A., R. R. Twilley, A. L. Lara-Dominguez 1998. *Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global*. Madera y Bosques 4 (2) : 3-19.

Yáñez-Arancibia, A. 2000. *Coastal Management in Latin America*. Chapter 28, In: Sheppard, C.R.C. (ed.), Seas at the Millennium: An Environmental Evaluation. Volume I, Regional Chapters: Europe, The Americas, and West Africa. Pergamon, Ámsterdam.

Este folleto se terminó de imprimir en Noviembre del 2003, en los talleres de Imprenta y Litografía Doble Giro S.A., San José, Costa Rica, Tel.: (506) 258-0555 y consta de 1000 ejemplares.