

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA BIODIVERSIDAD Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON ÉNFASIS EN ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS: SÍNTESIS DEL ESTADO DEL ARTE 2009-2011



Por encargo de:

giz



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



El Proyecto Biodiversidad Marino Costera en Costa Rica, Desarrollo de Capacidades y Adaptación al Cambio Climático es un proyecto en el marco de la Iniciativa Internacional de la Protección del Clima "IKI" del Ministerio de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de la República Federal de Alemania

Publicado por: BIOMARCC-SINAC-GIZ

Investigación y Reporte Técnico: Bernal Herrera, Pía Paaby, Carlos Muñoz (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE)

Coordinación y Revisión: BIOMARCC-SINAC-GIZ

Copyright: © 2013. BIOMARCC-SINAC-GIZ

Esta publicación puede citarse sin previa autorización con la condición que se mencione la fuente

Citar como: BIOMARCC-SINAC-GIZ. 2013. *Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos con énfasis en áreas silvestres protegidas: Síntesis del estado del arte 2009-2011*. San José-Costa Rica. 39 pags.

Fotografías: Bahía Drake (a la izquierda arriba y abajo), Parque Nacional Cahuita (a la izquierda al centro y a la derecha). BIOMARCC-SINAC-GIZ

Financiamiento: “Proyecto Biodiversidad Marino Costera en Costa Rica, Desarrollo de Capacidades y Adaptación al Cambio Climático (BIOMARCC-SINAC-GIZ)”

Las opiniones que el autor expresa en esta publicación no reflejan necesariamente las opiniones del Proyecto BIOMARCC-GIZ-SINAC.

SINAC

El Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica (SINAC) es un sistema de gestión institucional desconcentrado y participativo, que integra las competencias en materia forestal, de vida silvestre y áreas silvestres protegidas del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET), con el fin de dictar políticas, planificar y ejecutar procesos dirigidos a lograr la sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales de Costa Rica. (Ley de Biodiversidad 1998). El SINAC está constituido por once subsistemas denominados Áreas de Conservación y su Sede Central. Un Área de Conservación es una unidad territorial administrativamente delimitada, en donde se interrelacionan actividades tanto privadas como estatales y se buscan soluciones conjuntas, orientadas por estrategias de conservación y desarrollo sostenible de los recursos naturales.

“El SINAC es un concepto de conservación integral que ofrece la posibilidad de desarrollar una gestión pública responsable, con la participación del Estado, la Sociedad Civil, la empresa privada, y de cada individuo del país interesado y comprometido con la construcción de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado”.

BIOMARCC

BIOMARCC-SINAC-GIZ, es un proyecto de apoyo al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC-MINAET) ejecutado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, por encargo del Ministerio Alemán de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) en el marco de su Iniciativa Protección del Clima (IKI).

El objetivo principal del proyecto es *“Incrementar las capacidades de adaptación de los ecosistemas marino-costeros de Costa Rica ante las consecuencias del Cambio Climático”* y tiene como objetivos específicos:

1. Contribuir a establecer un Sistema de Áreas Protegidas Marino – Costeros ecológicamente representativo adaptado al cambio climático.
2. Fortalecer las capacidades de gestión de las instituciones responsables del manejo de áreas de conservación marino - costeras y de otros actores locales relevantes, especialmente referentes a los desafíos del cambio climático.
3. Elaborar e implementar conceptos y mecanismos financieros para la adaptación de las Áreas Protegidas Marino – Costeras al Cambio Climático con la participación activa de los actores relevantes.
4. Establecer una plataforma de información, comunicación y cooperación (Mecanismo de Facilitación Nacional) que permita el intercambio y la transferencia de conocimientos y experiencias sobre manejo de los ecosistemas marino - costeros y su adaptación al Cambio Climático entre los actores relevantes (SINAC; MINAET; Instituciones Científicas; grupos y población locales).
5. Validar y transferir conceptos, instrumentos y estrategias desarrollados en el marco del proyecto hacia otros países de la región centroamericana.

333.751

C8374i Costa Rica.Biodiversidad Marina y Costera de Costa Rica

Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos con énfasis en áreas silvestres protegidas: síntesis del estado del arte 2009-2011 / Biodiversidad Marina y Costera de Costa Rica. - - 1ª ed. - - San José, C.R.: Biodiversidad Marina y Costera de Costa Rica, creación de capacidades y adaptación al cambio climático, 2013.

1.17 mb ; digital, archivo PDF – (Serie Técnica ; nº 8)

ISBN 978-9930-9485-7-6

1. CAMBIOS CLIMÁTICOS 2. BIODIVERSIDAD
3. ECOSISTEMAS 4. RECURSOS NATURALES
4 ASPECTOS AMBIENTALES 5. COSTA RICA I. Título

Contenido

Abreviaciones y Acrónimos.....	ii
1. Introducción.....	1
2. ¿Quién está trabajando en qué y en dónde?	2
2.1. Expertos y su trabajo en Costa Rica.....	2
2.2. Centros de investigación, organizaciones civiles y agencias de gobierno involucradas.....	3
3. Impactos potenciales del cambio climático reconocidos	5
3.1. Especies	5
3.2. Sistemas Ecológicos Terrestres Continentales.....	7
3.3. Sistemas Ecológicos Acuáticos Continentales.....	8
3.4. Sistemas Ecológicos Costeros Marinos.....	9
3.5. Sistemas Ecológicos Oceánicos.....	10
3.6. Los Servicios Ecosistémicos en Costa Rica y el Cambio Climático.....	11
4. Medidas de Adaptación ante el Cambio Climático para la Conservación de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.....	14
5. Información científica prioritaria ante el escenario de cambio climático	15
5.1. Especies	15
5.2. Zonas de Vida o Sistemas Ecológicos	16
5.3. Servicios Ecosistémicos (SE)	16
5.4. Intercambio de información y el rol catalizador del SINAC	17
5.4.1. Problemática Identificada por Científicos Nacionales	18
5.4.2. Mecanismos y Soluciones para Facilitar el Intercambio de Información.....	19
6. Pasos que se deberían seguir para definir estrategias a corto, mediano y largo plazo que el SINAC y otras agencias estatales relacionadas para asegurar la conservación a largo plazo de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados.....	21
7. Anexos	23
7.1. Lista de actores trabajando en Costa Rica.....	23
7.2. Lista de publicaciones (2009-2011) relevantes a la temática de la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y los impactos del cambio climático.....	27
7.3. Resumen de impactos por efectos del cambio climático identificados sobre la biodiversidad en Costa Rica.....	36

Abreviaciones y Acrónimos

AC	Área de Conservación
ASP	Áreas Silvestres Protegidas
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CBD/CDB	Convención de Diversidad Biológica
CC	Cambio Climático
CCT	Centro Científico Tropical
CI	Conservation International
CIMAR	Centro de Investigaciones del Mar y Limnología
COP	Conference of the Parties/Conferencia de las Partes
FUNDECOR	Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central
GRUAS II	Propuesta de Ordenamiento Territorial para la Conservación de la Biodiversidad en Costa Rica
ICOMVIS	Instituto Internacional de Conservación y Manejo de Vida Silvestre
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INBIO	Instituto Nacional de Biodiversidad
LARNAVIS	Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre
MINAET	Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones
MICYT	Ministerio de Ciencia y Tecnología
OET	Organización de Estudios Tropicales
PN	Parque Nacional
PTAP	Programa de Trabajo para Áreas Protegidas
RAMSAR	Convención de Humedales
RF	Reserva Forestal
RVS	Reserva de Vida Silvestre
SE	Servicios Ecosistémicos
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
TEC-ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica
TNC	The Nature Conservancy
UCR	Universidad de Costa Rica
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNA	Universidad Nacional
UNED	Universidad Estatal a Distancia
UNFCCC/CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza

1. Introducción

Costa Rica es uno de los sitios de mayor biodiversidad en el mundo con relación al tamaño del país, por lo que el tema sobre la afectación del cambio climático sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos es de suma relevancia. En respuesta a ello el gobierno de Costa Rica toma la iniciativa y procede con una revisión al nivel nacional del 1) avance en la investigación de la biodiversidad acompañado de un listado al nivel global de las publicaciones y expertos, 2) las medidas de adaptación en curso y, 3) propuestas de futuras medidas de adaptación.

En el año 2009, Costa Rica genera la Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Costa Rica 2009a) y como parte de este esfuerzo incluye un análisis sobre las investigaciones realizadas en Costa Rica sobre cambio climático y biodiversidad (Costa Rica 2009b).

El análisis del avance en la investigación sobre el tema en Costa Rica construye sobre la base desarrollada al 2008 (Costa Rica 2009b) y actualiza el trabajo hasta mayo 2011. El resultado de esta revisión generará una síntesis del “estado del arte” particularmente sobre los potenciales impactos del cambio climático en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos terrestres y, concluye con recomendaciones generales que permitirá el fortalecimiento del proceso de generación de conocimiento y de implementación de medidas de adaptación al cambio climático en áreas silvestres protegidas.

2. ¿Quién está trabajando en qué y en dónde?

2.1. Expertos y su trabajo en Costa Rica

Los investigadores de la biodiversidad continental, insular, costera y marina en Costa Rica son múltiples. En la exhaustiva revisión de expertos e investigadores al 2008 (Costa Rica 2009b) es posible encontrar a prácticamente todos aquellos que se encuentran trabajando en aspectos relacionados con biodiversidad y servicios ecosistémicos en Costa Rica y que, de una u otra forma, están ajustando para la valoración de los efectos del cambio climático. Esta lista incluye a aquellos investigadores que se encuentran basados en instituciones internacionales. De manera más específica en el Anexo 1 ha sido recopilada una lista de investigadores y expertos locales activos. Esta revisión se ha hecho a partir de publicaciones (Anexo 2), revisiones institucionales directas y contactos directos.

En gran medida, las investigaciones han tenido como objetivo la descripción de la composición y la estructura de las comunidades y su respuesta a las diversas amenazas que generan las actividades humanas. En su conjunto, toda esta información constituye el fundamento para el pronóstico de potenciales impactos causados por el cambio climático, siempre que existan los modelos adecuados para realizar las simulaciones a diferentes horizontes de tiempo.

En el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) se encuentran grupos de investigadores dedicados a analizar cambios globales y climáticos usando modelos y simulaciones que permiten el análisis de la vulnerabilidad ecosistémica y el pronóstico de impactos causados por el CC. Adicionalmente, han incorporado elementos relacionados con el paisaje completo, el rol de los corredores biológicos y la generación de servicios ecosistémicos.

Entrevistas fueron realizadas por escrito y en algunos casos se tuvo la oportunidad de mantener conversaciones directas con los investigadores o analistas científicos. En la mayoría de los casos, la investigación se ha concentrado en el levantamiento de información de línea base como inventario de especies, historia natural de algunas especies. Pocas se encuentran directamente buscando elementos que permitan entender impactos potenciales resultado del CC. En el bosque húmedo tropical en la Estación Biológica La Selva de la Organización para Estudios Tropicales-OET se han establecido parcelas permanentes para el monitoreo a largo plazo del crecimiento de algunas especies forestales del dosel. Adicionalmente, existen otras parcelas establecidas para el estudio del comportamiento del carbono en los suelos del bosque, y otras para analizar la dinámica de fijación en el dosel del bosque. En otros casos, la

investigación en Costa Rica se ha relacionado directamente con la afectación del cambio climático sobre las poblaciones de las especies, como por ejemplo los anfibios o las aves del páramo.

En Monteverde hay un grupo de científicos asociados al Centro Científico Tropical-CCT que trabajan a largo plazo. En la el bosque nuboso de Monteverde muchos grupos taxonómicos son sensibles a variables climáticas como la temperatura y la humedad relativa y por ello, los resultados de estas investigaciones tendrán alta relevancia en el análisis de impactos del CC y en el diseño de medidas de adaptación (Ej. Richard LaVal-Murciélagos; George Powell-quetzales; Nalini Nadkarni-epífitas; Elizabeth Deliso-colibríes; Alan Pounds-amphibians).

2.2. Centros de investigación, organizaciones civiles y agencias de gobierno involucradas

Los centros gubernamentales de investigación y análisis que generan la mayoría de las investigaciones son: la Universidad Nacional (UNA) en la Escuela de Ciencias Ambientales, la UNA en la Escuela de Ciencias Biológicas, la UNA en el Instituto Internacional de Conservación y Manejo de Vida Silvestre (ICOMVIS), la UNA en el Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre (LARNAVIS), la Universidad de Costa Rica (UCR) en la Escuela de Biología, la UCR en el Centro de Investigaciones del Mar y de Limnología (CIMAR), la UCR en el Museo de Zoología, el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), el Museo Nacional, el CATIE en el Programa de Cambio Global, el CATIE en el Proyecto de Adaptación del Bosque Tropical al Cambio Climático, el CATIE en el Programa de Áreas Protegidas y Corredores Biológicos y el IMN. Algunas otras instituciones aportan intermitentemente como es la Universidad Estatal a Distancia (UNED) con el enfoque de cambio climático, C-neutro, la biodiversidad en ciudades y la ecología urbana.

Adicionalmente se encuentran organizaciones no gubernamentales que aportan de manera significativa a la investigación como son el Centro Científico Tropical (CCT), el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBIO), la Fundación de Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), la Conservation International (CI), la Universidad EARTH, The Nature Conservancy (TNC), el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y, la OET con la formación de investigadores y profesionales.

La revisión de literatura científica y técnica sobre la identificación, la descripción y la valoración de potenciales impactos generados por el cambio climático sobre la

biodiversidad y los servicios ecosistémicos en Costa Rica se ha realizado de manera sistemática buscando por internet y haciendo contacto directo con investigadores en instituciones gubernamentales de Costa Rica, organizaciones no gubernamentales que dirigen investigación en biodiversidad en Costa Rica y científicos y expertos trabajando independientemente en Costa Rica.

En los años 2008 a 2011 hemos encontrado que la investigación en Costa Rica continúa desarrollándose desde núcleos de investigación establecidos como el CIMAR, el CCT, la OET en sus estaciones biológicas (La Selva, Palo Verde, Las Cruces), el Museo Nacional, las estaciones de investigación de las universidades (UCR-Golfito, UNA-Punta Morales), algunas de las ASP como el PN Santa Rosa, el RVS Gandoca-Manzanillo, el PN Isla del Coco, la RF Cordillera Volcánica Central. Estas publicaciones (Anexo 2) contribuyen con el conocimiento relacionado con el funcionamiento de la biodiversidad terrestre, costera y marina. Aunque los aspectos antropogénicos continúan siendo las amenazas mayores a la sobrevivencia de las poblaciones y al funcionamiento de los ecosistemas, el cambio climático ahora es mencionado en la mayoría de los documentos como un elemento a tomar en cuenta como futura amenaza y justificación para los esfuerzos de conservación.

3. Impactos potenciales del cambio climático reconocidos

Los impactos potenciales resultado del cambio climático fueron revisados de manera general en el informe país sobre la biodiversidad y el CC (Costa Rica (2009b)). Sin embargo, recientemente ha habido avances en la identificación de impactos usando simulaciones a diferentes horizontes de tiempo con modelos diversos así como análisis resultado de estudios a largo plazo nacionales y por inferencia de ocurrencias en otras partes del mundo. A continuación se desarrolla un resumen sobre la información disponible sobre el tema (Costa Rica 2009b) y actualizado con algunas publicaciones más recientes. Las citas bibliográficas se encuentran en el Anexo 2. Un cuadro resumen sobre esta información se adjunta en el Anexo 3.

3.1. Especies

El análisis de la afectación del cambio climático en Costa Rica al nivel de especies usualmente se hace en relación a cambios en el tamaño de las poblaciones así como en el ámbito de distribución “normal” conocido. En los siguientes párrafos se extrae los resultados a los cuales han llegado los investigadores en Costa Rica, para algunas especies de los grupos principales como anfibios, reptiles, aves, murciélagos y plantas.

Las especies de anfibios (Costa Rica 2009b) en términos generales muestran una disminución en el tamaño de las poblaciones hasta llegar a la desaparición de especies de anfibios en las zonas altas del país. Estas manifestaciones en la presencia de anfibios han sido asociadas a cambios climáticos, aislamiento de hábitat, contaminación (particularmente la atmosférica que provoca la lluvia ácida) y enfermedades que pueden o no estimular su afectación por el cambio climático (Lipps et al. 2008). En las zonas bajas del país, también se han observado cambios en el tamaño de las poblaciones de los anfibios al nivel de la hojarasca en el piso del bosque húmedo tropical; sin embargo, son los reptiles los que posiblemente manifiesten cambios significativos en la permanencia y sobrevivencia de las especies como resultado de aumentos en las temperaturas ambientales. Las tortugas son sensibles a las temperaturas durante la incubación de los huevos, determinando así la proporción de sexos al nacer. Los caimanes en aguas continentales con temperaturas mayores tendrán afectaciones en el desarrollo embrionario y tamaño de los individuos. En otras partes del mundo ya hay evidencias que del año 2080 en adelante, algunas especies de cocodrilos solamente producirán machos como resultado de mayores temperaturas ambientales (Mitchell et al. 2010).

En cuanto a las aves (Barrantes et al. 2011, Barrantes 2009, Fuchs et al. 2010), se han realizado análisis de la avifauna asociada a zonas muy altas en Costa Rica (i.e. páramo)

y se ha llegado a la conclusión que ésta ha sido determinada tanto por factores climáticos durante el Pleistoceno como por oportunidades esporádicas de migración. La mayoría de los estudios muestra que las capacidades migratorias altitudinales de la avifauna costarricense, siempre y cuando se encuentren las condiciones alimenticias y reproductivas necesarias, se darán buscando las condiciones que permita su sobrevivencia diaria (Barrantes et al. 2011, Barrantes 2009). Otros ejemplos documentados se encuentran en los estudios de colibríes en el bosque nuboso de Monteverde (Deliso 2008), donde la riqueza de especies en colibríes se encuentra correlacionada con la precipitación anual; a mayor precipitación, mayor número de especies. La respuesta tiene una explicación lógica ya que a menor precipitación menor producción de néctar por parte de las plantas. Los diversos estudios muestran que en aquellos años en que la precipitación es significativamente menor, el tamaño de las poblaciones de colibríes se ve disminuido, tomándole a la especie varios años para lograr recuperar los niveles previos (Ej. Estación Biológica La Selva-estudios de Stiles 1992).

Durante décadas LaVal (2004) ha estudiado las especies de murciélagos en el bosque nuboso de Monteverde y sus alrededores. Recientemente, concluye que la aparición de especies nuevas de murciélagos que son más comunes en las zonas bajas del PN Santa Rosa, está asociada a aumentos generales en la temperatura, por lo que los murciélagos buscan mayores altitudes. Aun no queda claro si los murciélagos buscan zonas de menor temperatura en respuesta a gradientes modificados de sus grupos alimenticios o en respuesta a una compensación fisiológica de los individuos.

El éxito reproductivo de las especies de plantas no solamente es dependiente de la presencia de polinizadores y dispersores de semillas sino que es afectada por modificaciones del hábitat (e.g. deforestación) y por cambios de orden climático (Fuchs et al. 2010). Por ejemplo, algunas especies de árboles en el bosque lluvioso tropical (Clark et al. 2010), muestran que la tasa de crecimiento, en términos de aumento en la cantidad de madera, se ve disminuida por 1) aumentos en las temperaturas anuales promedio nocturnas (1-2 grados centígrados) y por 2) disminución en precipitación durante la estación seca.

Es importante resaltar entonces, que los estudios disponibles relacionan la afectación del cambio climático sobre las especies en Costa Rica a disminución en el ámbito de distribución geográfica y en capacidades reproductivas comprometidas. Ambos casos, indican que la vulnerabilidad de las especies se verá incrementada a la par de todos los cambios antropogénicos que continúan ocurriendo en el territorio.

3.2. Sistemas Ecológicos Terrestres Continentales

En Costa Rica se ha trabajado intensamente en varios tipos de bosque de zonas de vida como el “Bosque Nuboso-en las zonas de vida Montano bajo y Premontano”; el bosque seco tropical y el bosque muy húmedo tropical. Particularmente, al nivel de sistemas o tipos de bosque, se encuentra que la afectación de los cambios de temperatura y precipitación intensificados por los cambios en el uso de la tierra en las zonas aledañas a los bosques nubosos, es significativa ya que el funcionamiento general y estructura del bosque son dependientes de la presencia de nubes (alta precipitación horizontal). Similarmente, en el bosque seco tropical (Sánchez-Azofeifa et al. 2008), los aumentos de calor afectan la diversidad biológica. Por ejemplo, los cambios en los regímenes hidrológicos se reflejan en la permanencia de especies que dependen de la humedad en las zonas ribereñas. Adicionalmente, es posible observar cambios en la estructura de los bosques secos con el reemplazo de especies con hojas caducas hacia especies con hojas más suculentas (Ej. Cactaceae, Agavaceae) que tienen la capacidad de acumular agua. Esto se da en respuesta a que la reducción del índice de área foliar está acompañado de un aumento en la evapotranspiración o pérdida de agua.

En los bosques muy húmedos tropicales, los estudios de Colwell *et al.* (2008) ejemplifican algunas de las afectaciones que se esperan a lo largo de gradientes altitudinales. Colwell et al. incluye en una investigación 1.902 especies de epífitas, rubiáceas del sotobosque, geométridos (polillas) y hormigas en el transecto altitudinal que se extiende de la Estación Biológica La Selva hasta el volcán Barva a 2.900 m.s.n.m. Los resultados de estos estudios muestran que si se diese un aumento de la temperatura de 3,2 °C (5,8 °F) en el transcurso de 100 años, tendría un efecto “erosivo” (“attrition”) sobre al menos 53% de las 1.902 especies estudiadas. Con ello, no se quiere decir que estos sistemas se empobrecerían, sino más bien que se observarían cambios donde algunas especies prosperarán, especialmente aquellas ya adaptadas a condiciones de mucha tensión otras aparecerán de otros sitios y algunas otras abundantes en la actualidad pasarían a constituirse en “raras” sin necesariamente desaparecer del todo.

Las zonas de vida son definidas por la precipitación y la temperatura, además de la evapotranspiración. De acuerdo a un modelaje que usa escenarios diversos de cambio climático, Jiménez (2009) encuentra que el cambio climático generará cambios en la ubicación de las zonas de vida definidas en Costa Rica. La mayoría de ellas manifestará traslados geográficos en altitud, desapareciendo de Costa Rica desde el año 2020, el páramo, la casi desaparición del bosque pluvial montano, montano bajo y pre montano así como del bosque muy húmedo montano. A partir del año 2080 aparecen

zonas de vida nuevas como el “Bosque Muy Seco Tropical” y el “Bosque Seco Premontano”.

Básicamente, el análisis de la afectación de variables como la precipitación y la temperatura sobre el funcionamiento y la estructura de los bosques se realiza a partir de estudios directos a lo largo de muchos años, así como a partir del uso de modelos predictivos. Ejemplos claros de estos esfuerzos, son Imbach et al. (En revisión) e Imbach et al. (2010) que aplican diversos modelos con información de 1) escorrentía, 2) índice de área foliar, 3) evapotranspiración y 4) tipos de cobertura boscosa. Estos estudios han sido realizados al nivel de la región Mesoamericana. Con estos insumos es posible trabajar la simulación de los impactos del cambio climático sobre el balance hídrico y la vegetación en Mesoamérica. Los resultados de estos estudios muestran que potencialmente ocurrirán cambios en los tipos de bosque húmedos hacia aquellos más secos. La escorrentía disminuirá a lo largo de la región Mesoamericana aun cuando la precipitación aumente, principalmente como resultado de aumentos en evapotranspiración. Adicionalmente, se espera que la reducción en el índice de área foliar en los bosques y cambios en el balance hídrico tendrán consecuencias importantes sobre la biodiversidad y funcionamiento ecológico de los sistemas terrestres.

3.3. Sistemas Ecológicos Acuáticos Continentales

Los ríos, lagos, lagunas, manglares y demás sistemas de alta saturación de aguas superficiales dependen directamente de la magnitud de la precipitación, de su distribución a través del año y de la calidad de las aguas. En particular, la temperatura determina las tasas metabólicas de los organismos y por ende el funcionamiento general para el procesamiento de materia orgánica e inorgánica. En esta línea, es que se encuentra concentrada algunas de las investigaciones de Catherine Pringle y sus estudiantes de la Universidad de Georgia en la Estación Biológica La Selva-OET. Incipientemente, se sugiere que el calentamiento climático no acelerará las tasas de descomposición de la hojarasca acumulada en el lecho de los ríos, pero sí puede reducir las tasas de secuestro de carbono (Boyero et al. En prensa). Sin embargo, los estudios continúan debido a que según Pringle, los arroyos y ríos tropicales, en particular, parecen ser especialmente importantes, debido a las temperaturas más cálidas las cuales se traducen en mayores tasas de procesamiento de carbono por parte de las bacterias y hongos, pero relativamente pocos estudios se han centrado en el carbono en las corrientes tropicales. Además considera significativo que muchos países en los trópicos al tener un rápido desarrollo económico, la dinámica del carbono en los arroyos y los ríos tropicales se vean afectados por presiones de la

urbanización y el cambio de uso del suelo y, que es posible, desproporcionadamente agravados por los efectos del cambio climático. Solamente este grupo de investigación ha generado poco más de 70 publicaciones sobre quebradas y ríos en el Caribe de Costa Rica (OET-Estación Biológica La Selva). Algunas directamente asociadas a cambio climático y otras fundamentan conocimientos para la identificación de impactos. De este total, hay 12 publicaciones entre los años 2008 y 2011.

La Universidad de Costa Rica a través del CIMAR, ha contribuido con 512 publicaciones entre 1979 y el año 2008. Estas publicaciones incorporan esfuerzos en el ámbito de los ríos y arroyos (William Bussing, Margarita Silva, Monika Springer y colaboradores); lagos y lagunas (Gerardo Umaña y colaboradores); manglares (Margarita Silva, Álvaro Morales y colaboradores); zonas costeras y oceánicas (Jorge Cortés, José A. Vargas, Omar Lizano, Carlos Morales y colaboradores). el trabajo dirigido hacia los ríos tiene el liderazgo actual de Monika Springer con un grupo importante de estudiantes. Se concentran en aspectos taxonómicos y sistemáticos de las especies de macroinvertebrados, grupo que actualmente se está utilizando como indicador de la calidad de los sistemas acuáticos. En los años 2009 a 2011, el equipo de investigación del CIMAR-UCR ha generado 33 publicaciones, de las cuales, empiezan a aparecer investigaciones relevantes para el análisis de impactos del cambio climático (Cortés et al. 2010; Chollett et al. 2010). Sin embargo, estos esfuerzos se concentran en los ambientes costeros y oceánicos quedando aun por trabajar los sistemas rivereños y lacustres.

Los esfuerzos dirigidos a los lagos y lagunas con Gerardo Umaña, M.Sc. incluye la generación de información para poco más de 100 lagos en toda Costa Rica con datos de química básica del agua, del plancton y algunos datos de morfometría y paleolimnología. Las comunidades de estos sistemas con menos estudios son las del litoral, tanto plantas como bentos y la composición de peces. No se encuentra publicaciones que muestran resultados de monitoreo a largo plazo que permita realizar un análisis sobre los efectos e impactos del cambio climático en el funcionamiento y estructura de la biodiversidad en los ríos, arroyos, lagos y lagunas de Costa Rica.

3.4. Sistemas Ecológicos Costeros Marinos

El trabajo de Corrales y Herrera (2010) constituye una buena recopilación de la información disponible sobre estudios realizados en las zonas costeras marinas de Costa Rica. Los impactos identificados en este trabajo son mayoritariamente

relacionados con el funcionamiento de los sistemas y poco o casi nada asociado a especies; con la excepción de la dinámica de anidamiento de las tortugas y los corales.

Corrales y Herrera identifican impactos relacionados con: 1) cambios en la abundancia y la distribución de las especies inter-mareales, 2) desbalances temporales y espaciales en la disponibilidad de alimento, 3) desbalances en los procesos de depredación y de competencia, 4) la erosión costera, el estrés térmico y el cambio en las características de las playas con más o menos sedimentos, directamente afectará la dinámica de anidación de las tortugas marinas, 5) las modificaciones en la dinámica de mezcla y de salinidad en los estuarios generarán cambios en la abundancia y la distribución de las especies estuarinas, lo cual será medido en modificaciones en la productividad general de estos ecosistemas, 6) los cambios de acidez (pH) en el agua de mar aumenta la capacidad para disolver los carbonatos responsables del desarrollo adecuado de las conchas (i.e. capacidad “corrosiva” del agua), 7) para el caso particular de los arrecifes de coral, se observará una pérdida en las especies presentes y muerte de los corales (“blanqueamiento de los corales”) como resultado de su baja tolerancia a aumentos en la temperatura de las aguas, 8) la estratificación termal será más fuertes y duradera modificando la dinámica de afloramientos resultando en una menor frecuencia pero con una mayor productividad cuando éstas ocurren y finalmente, 9) el comportamiento de los contaminantes tendrán cambios como resultado de diferencias en temperatura, acidez, salinidad y estratificaciones termales.

Algunos estudios de monitoreo se están llevando a cabo en la zona sur de la costa Caribe en Costa Rica (Cortés et al. 2010).

3.5. Sistemas Ecológicos Oceánicos

El área marina oceánica de Costa Rica contiene varias zonas de interés como el Domo Oceánico y las montañas submarinas cuya biodiversidad ha sido poco documentada. Actualmente, se están realizando investigaciones en las zonas oceánicas que circundan la Isla del Coco, dirigidas por el Dr. Omar Lizano del CIMAR-UCR. El objetivo principal de las expediciones será obtener información de los parámetros físico-químicos del agua, desde la superficie hasta una profundidad de 400 m, incluyendo temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, nutrientes, contaminantes, composición del plancton, clorofila, turbidez. Igualmente se medirán los campos de corrientes marinas hasta una profundidad de 100 m. Los datos de profundidad y densidad permitirán determinar las corrientes geostróficas marinas hasta los 400 m, así como los transportes de calor y masa del agua a lo largo de los recorridos

preestablecidos. En la embarcación se instalará una estación meteorológica portátil con el fin de medir la velocidad y dirección del viento y otras características de la atmósfera, como humedad y temperatura. Toda esta información servirá de base para evaluar el cambio climático a lo largo del tiempo y estudiar su efecto sobre las características físicas y químicas del océano y la atmósfera, así como su impacto en la biodiversidad marina del Parque Nacional Isla del Coco (http://www.vinv.ucr.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=657:expedicion-cientifica-investiga-cambio-climatico-en-la-isla-del-coco&catid=1&Itemid=68).

3.6. Los Servicios Ecosistémicos en Costa Rica y el Cambio Climático

Los servicios ecosistémicos han sido definidos por la “evaluación de los ecosistemas del milenio” como los beneficios para los grupos humanos, generados por los ecosistemas. Esos beneficios pueden ser directos e indirectos. Los beneficios directos son la producción de provisiones –agua y alimentos (servicios de aprovisionamiento), la regulación de ciclos como las inundaciones, la degradación de los suelos, la desecación y salinización, las plagas y las enfermedades (servicios de regulación). Los beneficios indirectos se relacionan con el funcionamiento de procesos del ecosistema que genera los servicios directos (servicios de apoyo), como son, el proceso de fotosíntesis (captura de carbono y generación de oxígeno) y la formación y almacenamiento de materia orgánica; el ciclo de nutrientes; la creación y asimilación del suelo, disponibilidad de especies que participan en dispersión de semillas y polinización de cultivos y, la neutralización de desechos contaminantes. Los ecosistemas también ofrecen beneficios no materiales, como los valores estéticos, espirituales y culturales, o las oportunidades de recreación (servicios culturales).

Con la descripción anterior sobre los servicios ecosistémicos es claro que las capacidades de cada ecosistema para proveer de toda la gama de servicios dependerán en gran medida del funcionamiento “apropiado” de las especies en el engranaje ecológico. Los resultados que han sido desglosados al nivel de especie y sistemas ecológicos sobre las afectaciones del cambio climático son una pequeña muestra de la vulnerabilidad de los ecosistemas ante el cambio climático para continuar generando servicios ecosistémicos en la calidad y cantidad “acostumbrada” (Ej. Caudales para la generación hidroeléctrica). En otras palabras, el bienestar humano se encuentra sumamente comprometido ante las afectaciones directas del cambio climático sobre la capacidad de generación de servicios ecosistémicos.

Uno de los servicios ecosistémicos más comunes se refieren a la disponibilidad de agua en la cantidad y la calidad requerida para 1) el consumo humano, 2) para la irrigación de cultivos y 3) la generación de energía hidroeléctrica. Haciendo un mapeo de los servicios ecosistémicos asociados con el agua y la generación hidroeléctrica. Con esta información evalúa los efectos de cambios ambientales y climáticos usando mapas de vulnerabilidad a presiones humanas y a cambio climático. Particularmente, el impacto sobre los flujos de los servicios ecosistémicos hacia los usuarios (Locatelli et al. 2010). Imbach et al. (En revisión) evalúa la ocurrencia de impactos resultado del cambio climático sobre la vegetación y el ciclo hídrico (responsable de muchos servicios ecosistémicos) en Mesoamérica generando predicciones relacionadas con una menor disponibilidad de agua y mayores temperaturas. Los impactos del CC sobre la vegetación y el ciclo hídrico implican una reducción del área foliar en los ecosistemas, mayores tasas de evapotranspiración y reducción de escorrentía, todas con consecuencias significativas para el funcionamiento de la biodiversidad y los ecosistemas.

Similarmente, las capacidades de la cobertura forestal para capturar CO₂ atmosférico y generar O₂ (Anderson et al. 2008, Loescher et al. 2003) pueden verse modificadas con aumentos en temperatura. Por ejemplo, en el bosque de la Estación Biológica La Selva se ha notado una disminución en la captación neta de carbono (tasa fotosintética) por hojas en el dosel (Loescher et al. 2003) cuando la temperatura del aire es >28°C.

Desde el punto de vista del mantenimiento de la biodiversidad ha sido analizado el rol de los corredores biológicos ante la necesidad de migración de los ecosistemas ante el cambio climático (Locatelli e Imbach 2010). Las condiciones que permiten la conectividad para las especies silvestres (Canet 2009) implican el mantenimiento de procesos reproductivos y genéticos a través del espacio geográfico. Usualmente, los corredores biológicos sirven esta función de conectividad en los heterogéneos espacios productivos actuales. Tanto la intensidad, la extensión en el uso del paisaje y el cambio climático son elementos que dificultan el mantenimiento de las características físicas, químicas y ecológicas en la red de conectividad (Canet 2009).

Adicionalmente, Imbach et al. (en prep.) analizan la efectividad de los corredores biológicos en el contexto del cambio climático para valorar los impactos asociados con la dispersión de especies. Con este análisis se concluye que el escenario de las actuales áreas protegidas muestras a aquellas ASP ubicadas en las zonas bajas secas como las más vulnerables. Aquellas especies más “rápidas” en su método de dispersión tendrán ventajas. Y, las ASP y CB que incluyen gradientes altitudinales, latitudinales y longitudinales tendrán ventajas funcionales sobre aquellas áreas geográficamente menos heterogéneas (Imbach et al. En prep.).

Finalmente, la biodiversidad marina y costera que sirve como insumo para alimentación humana (Costa Rica 2009b), responden sensiblemente a los cambios en temperatura en las aguas marinas y costeras, con ajustes migratorios por parte de las poblaciones económicamente importantes. Las actividades de pesca posiblemente cambiarán de especies y se tendrá que invertir mayor esfuerzo en la búsqueda de las poblaciones apetecidas.

4. Medidas de Adaptación ante el Cambio Climático para la Conservación de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos

Las medidas de adaptación ante el CC que usualmente se asocian a la conservación de la biodiversidad y a los servicios ecosistémicos han sido identificadas como aquellas que (1) permitan adecuar el espacio natural para que las especies y el ecosistema logren encontrar opciones alimenticias y reproductivas, (2) incorporen una mejora en las capacidades administrativas y técnicas para responder de una manera adaptativa a los cambios provocados por los elementos climáticos difíciles de predecir, (3) generen información científica que consolide las medidas de adaptación técnicas y administrativas. Teniendo esto en cuenta, han sido identificadas algunas medidas taxativas que deben ser analizadas en el desarrollo de las estrategias de cambio climático futuras:

- i. ASP con manejo adaptativo,
- ii. Vincular a las ASP con gradientes en altitud, latitud y longitud,
- iii. Redes de conectividad apropiadas para el movimiento y establecimiento de especies,
- iv. Política de “translocación” de especies que no podrán migrar hacia lugares apropiados,
- v. Integrar la conservación de la biodiversidad y los SEs en la matriz completa de las áreas de conservación,
- vi. Priorizar los elementos limitantes de un sistema o población Ej. Sitios para reproducción, en el diseño de la medida de adaptación,
- vii. Control de incendios,
- viii. Capacitación a personal de SINAC.

5. Información científica prioritaria ante el escenario de cambio climático

Las zonas susceptibles al CC se encuentran ubicadas en aquellos lugares que están expuestos a los extremos del ámbito de temperatura y precipitación existente en el país; como por ejemplo el páramo, el bosque seco tropical, el bosque nuboso, el bosque enano (aquellas asociaciones definidas por condiciones climáticas como la humedad de precipitación lateral o viento). En la zona de páramo, la composición de especies existente ha sido definida por condiciones climáticas del Pleistoceno y por el subsecuente aislamiento geomorfológico (Barrantes 2009). Las especies con poca tolerancia a aumentos en temperatura no tendrán opciones migratorias por lo que se espera que esta zona de vida se modifique y desaparezca con las condiciones que conocemos hoy. El bosque seco tropical estará expuesto a condiciones extremas en temperatura y precipitación, quedando solamente con aquellas especies con la capacidad de tolerar estos extremos y con aquellas que tengan la capacidad para migrar desde otros lugares actualmente similares (ej. México, Perú). Aquellas especies que no tengan la tolerancia, podrán moverse a otros espacios siempre que tengan la capacidad migratoria y exista una red de conectividad que pueda mantener las condiciones ecológicas necesarias (Canet 2009). Los bosques nubosos y enanos son extremadamente vulnerables a los cambios en la velocidad de los vientos y la carga de humedad transportada por la precipitación lateral.

Consecuentemente, los ecosistemas, las especies y los servicios ecosistémicos que podrían priorizarse en el proceso de diseño e implementación de medidas de adaptación al CC han sido identificados como:

5.1. Especies

- i. Especies sensibles a la disponibilidad y calidad de las agua continentales superficiales (anfibios, reptiles, peces, plantas acuáticas).
- ii. Especies “indicadoras” de cambio climático (sensibles a temperatura, precipitación, evapotranspiración, escurrimiento, alcalinidad, etc.) (Ej. epífitas)
- iii. Especies con ámbitos de distribución limitados (Ej. Especies que **no** suben por encima de la línea de los 24°C)
- iv. Especies bandera
- v. Sistemas ecológicos ubicados en zonas de transición
- vi. Polinizadores (aves, murciélagos e insectos)
- vii. Elementos de la biodiversidad que se movilizan lentamente en el espacio geográfico, siendo vulnerables a cambios bruscos en el funcionamiento, composición y estructura ecológica (Ej. Moluscos terrestres).

5.2. Zonas de Vida o Sistemas Ecológicos

- i. Aquellos ubicados en los extremos de las condiciones climáticas de Costa Rica: páramo. El bosque seco NO, ya que las especies ya de por si poseen una alta capacidad de adaptación a cambios extremos en temperatura y precipitación (al menos en aves).
- ii. Aquellos definidos por condiciones atmosféricas: bosque nuboso, bosque enano.
- iii. Aquellos ecosistemas dependientes de la disponibilidad y calidad de las aguas superficiales como por ejemplo ríos, lagos, lagunas y pantanos. Sistemas dependientes de cambios temporales en precipitación (Ej. “humedales” Palo Verde)
- iv. Aquellos ecosistemas que se manifiestan en zonas de transición que geográficamente son pequeñas como por ejemplo las desembocaduras de los ríos, las zonas de manglares.
- v. Aquellos ecosistemas dominados por especies sensibles a los cambios (aumentos) en temperatura como los arrecifes coralinos, golfos, desembocaduras de ríos.

5.3. Servicios Ecosistémicos (SE)

- i. Cantidad y calidad de aguas superficiales. Regulación del agua y control de inundaciones.
- ii. Diversidad biológica.
- iii. Regulación de la temperatura ambiental.
- iv. Recreación.
- v. Almacenamiento de carbono.
- vi. Producción (e.g. agrícola, pesquera).
- vii. Turismo asociado a eventos de floración, fructificación, migración de especies, entre otros momentos de comportamiento reproductivo de las especies.

En términos generales, los investigadores en Costa Rica concuerdan que la investigación y el levantamiento histórico de información científica deberán llevarse a cabo en las siguientes ubicaciones y momentos, considerando que permitirá la identificación de impactos y entender posibles escenarios para el diseño de las medidas pertinentes de adaptación al CC.

- viii. El páramo artificial generado y mantenido por fuegos “el cerro de la muerte” es un excelente escenario de trabajo para entender futuros cambios
- ix. Dinámica del agua

- x. Sistemas que ya poseen una línea base de hace varias décadas (Ej. Cuando existe este caso, planificar una repetición del estudio)
- xi. Sitios que ya muestran evidencias de cambio (ej. En el nivel del mar; afloramientos en zonas costeras como Papagayo y Salinas)
- xii. Sitios que, por su ubicación, se encuentran expuestos a las afectaciones de El Niño y La Niña (Ej. Isla del Coco)
- xiii. Sitios expuestos a alta contaminación (Ej. Costa Caribe)
- xiv. Sitios de alto endemismo
- xv. Sitios de alta diversidad, heterogeneidad (Osa) o unicidad evidenciada (Ej. Golfo dulce como único fiordo tropical)
- xvi. Sitios con gradientes altitudinales pronunciados (Ej. Savegre, Cordillera de Tilarán)
- xvii. La prioridad debe ubicarse en aquellos sistemas que 1) ya tienen información continua/sistemática a largo plazo, 2) sistemas que fueron estudiados hace muchos años y replicar estudios para iniciar interpretación de cambios.

Adicionalmente y de manera más específica, es necesario el diseño de investigación que permita el pronóstico de impactos sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos y contribuya con insumos necesarios para el diseño de medidas de adaptación, como por ejemplo:

- xviii. Investigación sobre la efectividad de la red de conectividad para propiciar la migración de especies de plantas, avifauna, murciélagos, mamíferos, reptiles, anfibios.
- xix. Investigación sobre los grupos que definen el funcionamiento del páramo para establecer su potencial migratorio y definir las necesidades que lo promuevan. Identificar las posibilidades y necesidades para la translocación de estas especies.
- xx. Investigación que permita la descripción clara de los servicios ecosistémicos provenientes de los ecosistemas más sensibles al CC. Descripción del flujo de estos servicios hacia las comunidades humanas.
- xxi. Investigación en las zonas de manglares. Opciones o mecanismos que permitan la migración y establecimiento de las especies presentes en los manglares.
- xxii. Aumentar esfuerzos de investigación en humedales continentales (ríos, lagos, lagunas, lagunetas, pantanos).

5.4. Intercambio de información y el rol catalizador del SINAC

Los investigadores en Costa Rica mayoritariamente realizan sus investigaciones aislados unos de otros. Los resultados de todos estos esfuerzos (Anexo 2), aunque son

de mucha importancia, es reconocido el problema actual de una falta de visión “país”. Por ende, su contribución al fortalecimiento de estrategias, planes de acción y monitoreo al nivel nacional para atender los impactos del CC es limitado. Dentro de este contexto es que se ha procedido a conversar con el gremio científico del país para identificar la razón por la cual los estudios no son más integrados entre sí, dirigidos hacia la solución problemáticas al nivel nacional y con un mayor intercambio entre los esfuerzos.

5.4.1. Problemática Identificada por Científicos Nacionales

Estos son los elementos de mayor importancia identificados como “problemas o barreras” que no han sido solventados y que a la vez impiden la integración entre las investigaciones realizadas en las diferentes instituciones para contribuir con esfuerzos armonizados, integrados y geográficamente más amplios.

- i. Falta de credibilidad en oficinas estatales por falta de implementación de estrategias nacionales
- ii. Los fondos disponibles para investigación (y monitoreo) de CC no van más allá de 5 años
- iii. La visión entre los investigadores es reduccionista con limitado enfoque ecosistémico – es rápido, más barato y publicable más rápidamente. Esto crea conflictos entre la agenda personal de los investigadores y las agendas “país”
- iv. El MICYT y el SINAC no tiene protagonismo en el ámbito de la investigación
- v. No hay incentivos financieros, ni logísticos
- vi. Ausencia de una plataforma disponible de comunicación entre instituciones
- vii. Las agendas interinstitucionales comunes efectivas – Ej. SINAC-MINAET-INCOPECA – están ausentes; por lo que, la comunicación interinstitucional para abordar el tema del CC no es productiva. El tema del CC es interdisciplinario y requiere una masa crítica amplia
- viii. Hay mucho territorialismo concentrado en unidades académicas
- ix. Trabajar en temas de CC requiere tiempo completo, hay limitación de recursos humanos capacitados
- x. Las capacidades administrativas en la mayoría de las instituciones de investigación limitan el avance en el tema de CC
- xi. Las agendas de investigación están definidas por los donantes
- xii. Disponibilidad de dinero para investigación. En algunas ocasiones cuando la dimensión del proyecto requiere de bastante personal, es necesario ofrecer salarios competitivos ya que la disponibilidad de personal técnico es limitada.
- xiii. El personal en las instituciones de investigación se encuentra saturado para involucrarse en actividades de intercambio de información.
- xiv. El SINAC no tiene credibilidad ya que usualmente no da seguimiento a las iniciativas, dejando a medias los procesos de trabajo conjunto.

- xv. Cada quien siente que el rol de promover el intercambio de información no es el suyo. Aunque entre los profesionales marino-costeros, la percepción es otra (esto porque actualmente hay mucha atención al tema).
- xvi. Persiste una sensación de inconformidad entre el personal de las universidades y otras instituciones no gubernamentales, por la persistente sub ejecución presupuestaria en el SINAC - *“con esos fondos se podría mejorar significativamente la investigación en Costa Rica para fortalecer los esfuerzos de conservación de la biodiversidad y SE”*.
- xvii. Ausencia de una política clara en la práctica para investigación dentro del SINAC, tanto dentro como fuera de las ASP.
- xviii. Los costos en las ASP no permiten el desarrollo de investigación cuando no hay financiamiento.
- xix. La mayoría de las investigaciones en el país han sido realizadas fuera de las ASP.
- xx. Personal en las ASP reflejan una ausencia de comprensión de la importancia de la investigación de monitoreo – dificultades en lugar de facilidades.
- xxi. El acceso a fondos nacionales es tortuoso y los montos disponibles para la investigación son limitados.
- xxii. No hay suficiente capacidad dentro del SINAC.
- xxiii. El avance es lento en los temas de interés del SINAC por falta de trabajo conjunto.

5.4.2. Mecanismos y Soluciones para Facilitar el Intercambio de Información

En seguimiento al análisis del escenario actual que genera la información científica sobre la biodiversidad y los SE de Costa Rica, fue posible identificar algunas aristas de trabajo que permitan mejorar la situación relacionada con la generación de datos armonizados entre las instituciones y con una visión “país”. Al ser el análisis de los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los SE multidisciplinario por naturaleza, implícitamente se deberá trabajar con muchas instituciones, muchas metodologías y experiencias. Con base en este razonamiento es que se plantea esta serie de elementos importantes a trabajar por parte del SINAC y de los mismos investigadores.

- i. Plataforma que agilice la canalización de fondos CC – básicamente un mecanismo que apoye de manera expedita las iniciativas y las oportunidades de captación de fondos internacionales, que coordine con los Bancos (BID, BM) para canalizar fondos de investigación para CC
- ii. Estudiar mejor cómo estas dificultades se han logrado solventar en otros países
- iii. Que el personal del SINAC sea consecuente cuando promueve acciones.
- iv. Se propone colaborar con profesionales que trabajen en diferentes niveles de análisis: a) los generadores de información primaria y b) los generadores de

información secundaria. En esta última es donde es más fácil incorporar la “visión de país”.

- v. Los investigadores, ante la inminencia de los efectos de CC, deben hacer mayores esfuerzos por trabajar la investigación de manera integrada con varias especialidades. Los resultados podrían arrojar información más integral para su interpretación dentro de un escenario de CC.
- vi. Internalizar dentro del SINAC su dependencia de la información generada por la investigación, para implementar adecuadamente las políticas de fomento para la investigación.
- vii. Las universidades deben formalizar con el SINAC los mecanismos que permitan apoyar con la ejecución de algunas responsabilidades propias del desarrollo de las ASP (elementos indispensables para la conservación de la biodiversidad)
- viii. Analizar las posibilidades administrativas y legales para que las universidades u otras entidades de investigación como el Museo Nacional, el INBIO puedan apadrinar ASPs o áreas de conservación con el fin de avanzar en la conservación de la biodiversidad de manera integral dentro y fuera de las ASP
- ix. SINAC realice una ronda de divulgación de información sobre CC y las necesidades, con los jerarcas de las instituciones de investigación del país. El problema es administrativo no técnico.
- x. Apoyo informático para diseñar mecanismo para compartir información.
- xi. Las oficinas regionales del SINAC pueden catalizar el trabajo de investigación coordinando y fortaleciendo bases de datos.
- xii. Uso de redes pre-existentes de monitoreo para gestionar el intercambio de información en el tema del CC
- xiii. Redes de conectividad como plataforma adecuada para facilitar la comunicación, la educación, etc.
- xiv. Una comisión interinstitucional puede ser un mecanismo logístico que potencie el intercambio de información entre las instituciones
- xv. El SINAC debe tomar el liderazgo en el tema del intercambio de información. Aunque no está claro el mecanismo que permita iniciar el intercambio hasta crear “costumbre”.
- xvi. Crear espacios de intercambio periódicos.
- xvii. Emitir un mandato a los jerarcas de las instituciones que levantan información en el país para involucrar otras instituciones en su quehacer.

6. Pasos que se deberían seguir para definir estrategias a corto, mediano y largo plazo que el SINAC y otras agencias estatales relacionadas para asegurar la conservación a largo plazo de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados

Los pasos o etapas mínimas que deberán incorporarse en estrategias de conservación a largo plazo de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos han sido identificados como se lista a continuación:

- i. La estrategia deberá incluir líneas complementarias de investigación para potenciar la generación de conocimiento:
 - a. Reconstrucción de historia de información en áreas específicas
 - b. Estudios enfocados para lograr la extrapolación en modelos
- ii. Constitución de una Comisión/Grupo de Expertos que mantenga el liderazgo y que sea apolítico (“la cabeza en la sociedad civil y el brazo en el SINAC”)
- iii. Iniciativa organizada privada pero dependiente de gestión financiera gubernamental
- iv. Armonización regional centroamericana de tal manera que el trabajo responda a una visión climática más amplia
- v. Trabajar con instituciones que ya existen y proceder a través de convenios
- vi. Promover el establecimiento de parcelas permanentes en coordinación interinstitucional para garantizar que la ubicación de éstas sean las pertinentes para resolver aspectos de CC (adaptación, mitigación).
- vii. Capacitación de personal en las ASP para participar en la identificación de eventos categorizados como “emergencias” y que constituyen disparadores de los planes de contingencia.
- viii. Trabajar un modelo de gestión integral entre el SINAC y las instituciones que aportan información que permita el desarrollo de investigación en líneas acordes con las necesidades del país.
- ix. Capacitación de los actores relevantes sobre el cambio climático, la mitigación y la adaptación.
- x. Participar a comunidad de científicos nacionales en desarrollo de estrategia y plan de adaptación.
- xi. Considerar el diseño de planes de contingencia a ser implementados cuando los patrones reproductivos se desarticulen. Potencial escenario de muertes masivas de especies. Los planes de contingencia constituyen intervenciones necesarias para facilitar el tiempo corto de desarticulación (Ej. Proveer alimentación complementaria).
- xii. Considerar la creación de fondo financiero para enfrentar emergencias de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos ante el cambio climático
- xiii. SINAC promueva reuniones pequeñas con profesionales que comparten temas de trabajo durante el proceso de diseño de plan de adaptación.
- xiv. La implementación de las medidas pueden realizar con padrinazgos institucionales (similar a metodología de PROMEC).

- xv. Cuando se tengan las medidas de adaptación, trabajar el análisis de tal manera que se busquen los efectos colaterales para prevenir impactos negativos.

7. Anexos

7.1. Lista de actores trabajando en Costa Rica

A través de entrevistas telefónicas, correo electrónico y directo a investigadores actuales se ha abordado el tema del cambio climático y los impactos asociados a la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. La lista que se adiciona con expertos e instituciones ha sido discutida y validada con personal de la Secretaría Ejecutiva del SINAC (GCCC).

El cuadro incluye a todos aquellos profesionales que se encuentran involucrados en programas de biodiversidad terrestre, de aguas continentales, costera y marina en las instituciones en Costa Rica y que, de alguna manera, están vinculando sus investigaciones con los efectos del cambio climático.

Institución	Centro	Nombre	Correo electrónico	Respuesta
Universidad Nacional Escuela de Ciencias Ambientales	Laboratorio de Análisis Ambiental (docencia, investigación, venta de servicios: calidad de aire y calidad de agua)			
	Herbario "Juvenal Valerio Rodríguez" 90% flora arborecente de Costa Rica	Pablo Sánchez Luis Poveda	pesanchez@una.ac.cr	
	Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales-CINAT		www.una.ac.cr/cinat/index.html	
Universidad Nacional Escuela de Ciencias Geográficas	Mapoteca virtual: Atlas Climático, Climate Time Machine, Mapoteca SIAM		www.geo.una.ac.cr	
		Mary Luz Moreno-aspectos sociales y económicos del CC	morenodiaz.maryluz98@gmail.com	
Universidad Nacional. Escuela de Ciencias Biológicas	Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre (LARNAVIS): insectos acuáticos, peces, inventarios y diagnósticos.	Mauricio Protti Quesada	mprotti@una.ac.cr	Si
Universidad Nacional- ICOMVIS	Instituto Internacional de Conservación y Manejo de Vida Silvestre (ICOMVIS): Vida silvestre y sociedad, estado de la vida silvestre y los ecosistemas, ecología de paisajes y conservación de la biodiversidad, ecología de especies y ecosistemas, manejo de poblaciones y ecosistemas.	Grace Wong (ecóloga)	www.icomvis.una.ac.cr gwong@una.ac.cr	
		Cristopher Vaughan (mamíferos)	cvaughan@facstaff.wisc.edu	Si
		Manuel Spinola Parallada (mamíferos)	mspinola@una.ac.cr	Si
		Monica Retamosa Izaguirre (ecóloga)	mretamos@una.ac.cr	
		Maria Isabel DiMare (monitoreo)	mdimare@una.ac.cr	
		Joel Sáenz Méndez	isaenz@una.ac.cr	
	TELESIG	Eduardo Carrillo Jiménez (Director-mamíferos)	ecarrill@una.ac.cr	Si
		Monica Retamosa	telesig@una.ac.cr icomvis@una.ac.cr mmurillo@una.ac.cr	
Universidad de Costa Rica	Escuela de Biología (biodiversidad)	Gilbert Barrantes Montero (ornitología)	gbarrantes59@yahoo.com	Si
		Federico Bolaños Vives (anfibios, reptiles)	federico.bolanos@ucr.ac.cr bolanosv@biologia.ucr.ac.cr	Si
		Julietta Carranza Velásquez (hongos)	julietac@biologia.ucr.ac.cr julietta.carranza@ucr.ac.cr	Si
		Alfredo Cascante Marín (epífitas)	alfredo.cascante@gmail.com	
		María Isabel Morales Zurcher (hepáticas, epífitas, musgos)	mimorale@ucr.ac.cr	
		Bernal Rodríguez Herrera (mastozoología-murciélagos)	bernalr@racsa.co.cr	Si
	Museo de Zoología	Monika Springer (ecología ríos, insectos acuáticos)	springer@biologia.ucr.ac.cr	Si
	CIMAR	Jorge Cortés, (ecólogo marino,	JORGE.CORTES@ucr.ac.cr	Si

Institución	Centro	Nombre	Correo electrónico	Respu esta
		arrecifes)		
		Alvaro Morales	ALVARO.MORALES@ucr.ac.cr	Si
		Gerardo Umaña	gerardo.umana@ucr.ac.cr	
		Omar Lizano. (Oceanógrafo físico, corrientes, erosión costera)	omar.lizano@ucr.ac.cr	Si
Universidad Estatal a Distancia – UNED	Laboratorio de Ecología Urbana	Zaidett Barrientos Llosa (moluscos terrestres)	zbarrientos@uned.ac.cr	Si
Centro Científico Tropical - CCT	Dirección	Javier Espeleta - Director	espeleta@cct.or.cr	Si
	Proyecto Lapa Verde	Ghiselle Monge	gmonge@cct.or.cr	Si
		Oliver Chassot	ochassot@cct.or.cr	Si
	Científico Asociado	Allan Pounds	i.alan.pounds@gmail.com	Si
	Botánico Asociado	Quirico Jiménez	qjimenez@esph-sa.com	Si
	Proyecto Carbono	Vicente Watson	vwatson@cct.or.cr	Si
	Científico Asociado	Richard LaVal	thebatiungle@gmail.com	
Organización para Estudios Tropicales	Directora OET Costa Rica	Liana Babbar	liana.babbar@ots.ac.cr	
	Directora Estación Biológica La Selva	Deedra MacClearn	deedra.macclearn@sloth.ots.ac.cr	
	Director Jardín Botánico Las Cruces	Zak Zahiwi	zak.zahawi@ots.ac.cr	
	Director Estación Biológica Palo Verde	Mahmood Sasa	mahmood.sasa@ots.ac.cr	
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)	Proyecto El Bosque Tropical y su Adaptación al Cambio Climático	Lucio Padroni	lpadroni@catie.ac.cr	
	(Co) Director de Areas Protegidas y Corredores Biológicos	Bernal Herrera	bernalhf@catie.ac.cr	Si
	Programa de Cambios Globales	Raffaele Vignola (Servicios Ecosistémicos)	rvignola@catie.ac.cr	Si
		Mildred Jiménez – modelaje zonas de vida y CC	mildred@catie.ac.cr	
		Angela Díaz	adiaz@catie.ac.cr	
		Bruno Locatelli – modelaje CC y servicios ecosistémicos	bruno.locatelli@cirad.fr	
		Pablo Imbach – modelaje CC- impactos	imbachpablo@gmail.com	Si
		Bastiaan Louman (líder equipo)	blouman@catie.ac.cr	
		Producción y Conservación de Bosques	Brian Finnegan-ecólogo tropical, bosques	bfinegan@catie.ac.cr
	Proyecto DIVERSUS – Efectos de la biodiversidad funcional sobre los procesos y servicios ecosistémicos y sobre la sostenibilidad en América (Interamerican Institute for Global Change Research IAI)	Sandra Díaz – Argentina Fernando Casanoves – Costa Rica Brian Finnegan - CR	www.iai.int	
	Programa de Investigación de Corredores Biológicos	Lindsay Canet – Coordinadora Corredores Biológicos	lcenet@catie.c.cr	Si
		Juan Carlos Zamora-SIG	izamora9@gmail.com	
Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC)	Escuela de Ingeniería Forestal	Julio Calvo Alvarado, Ing. Forestal, Bosque Seco	www.tec.ac.cr jucalvo@itcr.ac.cr	Si
Museo Nacional de Costa Rica	Departamento de Historia Natural	Lic. Ana Cecilia Pineda Calles (Jefatura)	hnatural@museocostarica.go.cr cpineda@museocostarica.go.cr	
		Ing. Armando Estrada Chavarría	aestrada@museocostarica.go.cr	Si

Institución	Centro	Nombre	Correo electrónico	Respuesta
		Coordinador Técnico del Herbario, Flora de Costa Rica, Passifloraceae y Melastomataceae		
		Dr. Alfredo Cascante Marín Coordinador Técnico de Zoología, biología reproductiva y ecología de epífitas.	acascante@museocostarica.go.cr	
		Biól. Francisco Durán Curador, murciélagos	fduran@museocostarica.go.cr	Si
		MSc. Ghiselle Alvarado Curadora, aves acuáticas	galvarado@museocostarica.go.cr	
INBIO	Botánica	Nelson Zamora, Botánico Forestal Tropical	nzamora@inbio.ac.cr	Si
Instituto Meteorológico	Programa de Cambio Climático	Roberto Villalobos	rvilla@imn.ac.cr http://cglobal.imn.ac.cr/	
FUNDECOR		Germán Obando, Ing. Forestal	gobando@fundecortechology.org	Si
MINAET	Dirección de Cambio Climático - SINAC	Cynthia Córdoba Serrano	ccordoba@minaet.go.cr	
		Sonia Lobo	sonia.lobo@sinac.go.cr	
Conservación Internacional-CI	Marino General	Marco Quesada Carlos Roberto Rodríguez		
UICN	Programa de Aguas Mesoamérica	Coordinadora - Rocío Córdoba Juan Bravo	Rocio.cordoba@iucn.org	Si
		Sergio Salas		
CARE		Pascal Girot	pascal.girot@iucn.org	
Organización para Estudios Tropicales (OET)	Oficinas Centrales San José	Liana Babbar, Directora Costa Rica	liana.babbar@ots.ac.cr	Si
	Jardín Botánico Las Cruces	Zak Zahawi, Director	zakzahawi@ots.ac.cr	
	Estación Biológica Palo Verde	Mahmood Sasa, Director	mahmood.sasa@ots.ac.cr	
	Estación Biológica La Selva	Deedra McClearn, Directora	deedra.macclearn@ots.ac.cr	
Universidad EARTH				
Agencia GIZ	Proyecto BIOMARCC Biodiversidad Marino Costera y Adaptación al Cambio Climático	Lenin Corrales	lenin.corrales@giz.de lenincorrales@gmail.com	Si
Expertos independientes / internacionales que han trabajado conservación y/o CC en Costa Rica	Department of Biology, University of Missouri-St. Louis Department of Environmental Sciences, University of Virginia	Deborah Clark, Research Professor	deborahanneclark@gmail.com dbclark50@yahoo.com	Si
	Department of Biology, University of Missouri-St. Louis Department of Environmental Sciences, University of Virginia	David Clark, Research Professor	dbclark50@yahoo.com	Si
		George Powell		
		Daniel Janzen	djanzen@sas.upenn.edu	Si
		Winnie Hallwachs	whallwac@sas.upenn.edu	

7.2. Lista de publicaciones (2009-2011) relevantes a la temática de la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y los impactos del cambio climático.

- Aguilar, S. 2010. Bibliografía sobre cambio climático en las bibliotecas de OET. *Ambientico* 205: 15.
- Anderson, E.R., E. A. Cherrington, A. I. Flores, J. B. Perez, R. Carrillo y E. Sempris. 2008. "Potential Impacts of Climate Change on Biodiversity in Central America, Mexico, and the Dominican Republic." CATHALAC / USAID. Panama City, Panama. 105 pp.
- Barrance, A., K. Schreckenberg y J. Gordon. 2010. Conservación mediante el uso: Lecciones aprendidas en el bosque seco tropical mesoamericano. Overseas Development Institute. 158 pp.
- Barrantes, G. 2009. The role of historical and local factors in determining species composition of the highland avifauna of Costa Rica and Western Panamá. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* 57 (Supl. 1): 333-349.
- Barrantes, G., M. Yglesias y E. J. Fuchs. 2011. The roles of history and habitat area in the distribution and composition of avian species assemblages in the highlands of Costa Rica. *J. Trop. Ecol.* 27:1-8. doi:10.1017/S0266467411000046.
- Barrientos Llosa, Z. 2010. Los moluscos terrestres (Mollusca: Gastropoda) de Costa Rica: Clasificación, distribución y conservación. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* 58 (4): 1165-1175.
- Canet-Desanti, L. 2009. Diagnóstico sobre la Efectividad de Manejo de los Corredores Biológicos de Costa Rica. Informe Fase I. Programa de Investigación y Gestión de Corredores Biológicos, CATIE. 383 pp.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2010. La Economía del Cambio Climático en Centroamérica. Síntesis 2010. CCAD/SICA, SIECA. DFID, Gran Bretaña. 145 pp.
- Chavarría-Pizarro, T., G. Gutierrez-Espeleta, E. J. Fuchs y G. Barrantes. 2010. Genetic and morphological variation of the sooty-capped bush tanager (*Chlorospingus pileatus*), a highland endemic species from Costa Rica and western Panama. *The Wilson J. Ornithology* 122(2):279-287.
- Chollett, I., P.J. Mumby y J. Cortés. 2010. Upwelling areas do not guarantee refuge for coral reefs in a warming ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 416: 47-56.
- Clark, D. A. y D. B. Clark. 2011. Assessing Tropical Forests' Climatic Sensitivities with Long-term Data. *Biotropica* 43(1): 31-40.
- Clark, D. B., D. A. Clark y S. F. Oberbauer. 2010. Annual wood production in a tropical rain forest in NE Costa Rica linked to climatic variation but not to increasing CO₂. *Global Change Biology* 16, 747-759, doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02004.x.
- Colwell R. K., G. Brehm, C. L. Cardelú, A. C. Gilman y J. T. Longino. 2008. Global Warming, Elevational Range Shifts, and Lowland Biotic Attrition in the Wet Tropics. *Report. Science* 322(5899): 258-261 DOI: 10.1126/science.1162547.
- Corrales, L. y B. Herrera. 2010. Impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad marino-costera en el Caribe y Pacífico de Costa Rica. Informe Técnico No. 2. Consultoría "Definición del alcance de una estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático de las áreas marinas protegidas de Costa Rica" realizada para el SINAC. 45 pp.
- Corrales, L. y B. Herrera. 2010. Propuesta de indicadores para el monitoreo del cambio climático en Áreas Protegidas Marinas de Costa Rica. Informe Técnico No. 3. Consultoría "Definición del

- alcance de una estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático de las áreas marinas protegidas de Costa Rica” realizada para el SINAC. 38 pp.
- Corrales, L. y B. Herrera. 2010. Propuesta de lineamientos para la elaboración de una Estrategia de adaptación y mitigación al cambio climático en áreas protegidas marinas de Costa Rica. Informe Técnico No. 4. Consultoría “Definición del alcance de una estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático de las áreas marinas protegidas de Costa Rica” realizada para el SINAC. 26 pp.
- Cortés, J., A.C. Fonseca, J. Nivia, V. Nielsen-Muñoz, J. Samper-Villareal, E. Salas, S. Martínez y P. Zamora-Trejos. 2010. Monitoring coral reefs, seagrasses and mangroves in Costa Rica (CARICOMP). *Rev. Biol. Trop.* 58 (Supl. 3): 1-22.
- Cortés, J., C. E. Jiménez, A. C. Fonseca y J. J. Alvarado. 2010. Status and conservation of coral reefs in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* 58 (Supl. 1): 33-50.
- Costa Rica. 2009a. Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático Primera Edición. MINAET, Instituto Meteorológico Nacional, GEF. -- San José, Costa Rica: MINAET, IMN, GEF, PNUD, 2009. 264 pp.
- Costa Rica. 2009b. Biodiversidad y Cambio Climático en Costa Rica. Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático Primera Edición. MINAET, Instituto Nacional de Biodiversidad, GEF. -- San José, Costa Rica: MINAET, IMN, GEF, PNUD, 2009. 175 p.
- CRRH (Comité Regional de Recursos Hídricos). 2008. El Clima, su Variabilidad y Cambio Climático en Costa Rica. Ministerio del Ambiente Energía y Telecomunicaciones (MINAET), Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). San José, Costa Rica. 75 pp.
- DeClerck, F. A.J., R. Chazdon, K. D. Holl, J. C. Milder, B. Finegan, A. Martinez-Salinas, P. Imbach, L. Canet y Z. Ramos. 2010. Biodiversity conservation in human-modified landscapes of Mesoamerica: Past, present and future. *Biological Conservation* doi: 10.1016/j.biocon.2010.03.026.
- Deliso E. 2008. Climate Change and the Hummingbirds of the Monteverde Cloud Forest, Costa Rica. San José, C.R.: Centro Científico Tropical, 42 p.
- Eigenbrod, F., B. J. Anderson, P. R. Armsworth, A. Heinemeyer, S. F. Jackson, M. Parnell, C. D. Thomas y K. J. Gaston. 2009. Ecosystem service benefits of contrasting conservation strategies in a human-dominated region. *Proc. R. Soc. B* 276: 2903–2911. doi:10.1098/rspb.2009.0528 Published online 27 May 2009.
- Escobedo-Galván, A. 2010. Cocodrilos y cambio climático. *Ambientico* 205: 7-8.
- Estrada, A. 2010. Patrones espaciales de la flora del Pacífico Central costarricense e identificación de áreas importantes para su conservación. Tesis de maestría para optar por el grado de M.Sc. en Manejo de Recursos Naturales. Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica.
- Fuchs, E. J., J. Ross-Ibarra y G. Barrantes. 2010. Reproductive biology of *Macleania rupestris* (Ericaceae), a pollen-limited Neotropical cloud-forest species in Costa Rica. *Short Communication. J. Trop. Ecol.* 26: 351–354. doi:10.1017/S0266467410000064.
- Gamboa, N. 2008. Regeneración natural de *Dipteryx panamensis* (Pitier) record en fragmentos de bosque, Sarapiquí, Costa Rica. Tesis de maestría para optar por el grado de M.Sc. en Manejo de Recursos Naturales. Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica. Descargar aquí
- Goldman, R.L., H. Tallis, P. Kareiva y G. C. Daily. 2008. Field evidence that ecosystem service projects support biodiversity and diversify options. *PNAS* 105(27): 9445–9448 www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0800208105

- Guittar, J. L., F. Dear y C. Vaughan. 2009. Scarlet Macaw (*Ara macao*, Psittaciformes: Psittacidae) Nest Characteristics in the Osa Peninsula Conservation Area (ACOSA), Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) 57 (1-2): 387-393.
- Gutiérrez, M.E. y T. Espinoza. 2010. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Unidad de Energía Sostenible y Cambio Climático, Departamento de Infraestructura y Medio Ambiente. Notas Técnicas # IDB-TN-144. 84 pp.
- Häger, A. 2010. The effect of climate and soil conditions on tree species turnover in a Tropical Montane Cloud Forest in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) 58 (4): 1489-1506.
- Imbach, P., B. Locatelli, L. Molina, L. Hannah y P. Ciais. In prep. Climate change and plant dispersal along corridors in fragmented landscapes of Mesoamerica.
- Imbach, P., L. Molina, B. Locatelli, O. Roupsard, G. Mahé, R. Neilson, L. Corrales y P. Ciais. En revisión. Changes and uncertainties in the vegetation and terrestrial water cycle of Mesoamerica under climate change scenarios. Submitted to *Journal of Hydrometeorology*.
- Imbach, P., L. Molina, B. Locatelli, O. Roupsard, P. Ciais, L. Corrales y G. Mahé. 2010. Climatology-based regional modeling of potential vegetation and average annual long-term runoff for Mesoamerica. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 14: 1801-1817. www.hydrol-earth-syst-sci.net/14/1801/2010/ doi:10.5194/hess-14-1801-2010.
- Jiménez-Gómez, R., R. Amit y R. Vindas. 2010. Políticas de cambio climático en Costa Rica, integrando esfuerzos para asumir los retos Vicerrectoría de Investigación. UNED. 148 pp.
- Jiménez-Méndez, M. 2009. Resiliencia de los ecosistemas naturales terrestres de Costa Rica al cambio climático. Tesis de Posgrado para optar por el grado de Magister Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad. Programa De Educación Para El Desarrollo Y La Conservación Escuela De Posgrado, CATIE. 155 pp.
- Leiva, J. A., O. J. Rocha, R. Mata y M. V. Gutiérrez-Soto. 2009. Cronología de la regeneración del bosque tropical seco en Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. II. La vegetación en relación con el suelo *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) 57 (3): 817-836.
- Leiva, J. A., R. Mata, O. J. Rocha y M. V. Gutiérrez Soto. 2009. Cronología de la regeneración del bosque tropical seco en Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. I. Características edáficas. *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) 57 (3): 801-815.
- Lips, K. R., J. Diffendorfer, J. R. Mendelson III y M. W. Sears. 2008. Riding the Wave: Reconciling the Roles of Disease and Climate Change in Amphibian Declines. 6(3):441-456.
- Locatelli, B., P. Imbach, R. Vignola, M. J. Metzger y E. J. Leguía Hidalgo. 2010. Ecosystem services and hydroelectricity in Central America: Modeling service flows with fuzzy logic and expert knowledge. *Reg Environ Change*. Published online 01 september 2010. 12 pp. DOI 10.1007/s10113-010-0149-x
- Mitchell, N. J., F. W. Allendorf, S. N. Keall, C. H. Daugherty y N. J. Nelson. 2010. Demographic effects of temperature-dependent sex determination: will tuatara survive global warming?" en *Global Change Biology* 16-1: 60-72.
- Mora, C., O. Aburto-Oropeza, A. Ayala Bocos, P. M. Ayotte, S. Banks, A. G. Bauman, M. Beger, S. Bessudo, D. J. Booth, E. Brokovich, A. Brooks, P. Chabanet, J. E. Cinner, J. Cortés, J. J. Cruz-Motta, A. Cupul Magaña, E. E. DeMartini, G. J. Edgar, D. A. Feary, S. C. A. Ferse, A. M. Friedlander, K. J. Gaston, C. Gough, N. A. J. Graham, A. Green, H. Guzman, M. Hardt, Michel Kulbicki, Y. Letourneur, A. López Pérez, M. Loreau, Y. Loya, C. Martinez, I. Mascareñas-Ororio, T. Morove, M.O. Nadon, Y. Nakamura, G. Paredes, N. V. C. Polunin, M. S. Pratchett, H. Reyes Bonilla, F. Rivera, E. Sala, S. A. Sandin, G. Soler, R. Stuart- Smith, E. Tessier, D. P. Tittensor, M. Tupper, P. Usseglio, L. Vigliola, L. Wantiez, I. Williams, S. K. Wilson, F. A. Zapata. 2011. Global Human Footprint on the Linkage

- between Biodiversity and Ecosystem Functioning in Reef Fishes. PLoS Biology 9(4): 1-9. www.plosbiology.org e1000606.
- Oficina de Prensa de OET. 2010. Efectos del cambio climático sobre el crecimiento de árboles en el bosque tropical húmedo de zonas bajas. Ambientico 205:9-11.
- Pereira, A. I. y G. Barrantes. 2009. Distribución y densidad de la avifauna de la Península de Osa, Costa Rica (1990-1991). Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) 57 (Suppl. 1): 323-332.
- Pounds J. A. y L. A. Coloma. 2008. Beware the lone killer. Commentary. Nature Reports Climate Change 2 mayo. www.nature.com/reports/climatechange
- Quirós-Badilla, E. y E. J. Alfaro. 2009. Algunos aspectos relacionados con la Variabilidad Climática en la Isla del Coco, Costa Rica. Revista de Climatología 9: 33-44.
- Russell, A., J. Raich, R. Bedoya, O. Valverde y E. González. 2010. Reforestación para mitigar el cambio climático. Estudio en Costa Rica. Ambientico 205: 12-14.
- Sandoval, L. y M. Fernández. 2010. Filling the gap of *Turdus nigrescens* (Aves: Turdidae) distribution, first record in Barva Volcano, Costa Rica. Brenesia 73-74: 138-140.
- Sasa M., G. Chaves y L. W. Porras. 2010. Anfibios y reptiles frente al cambio climático. Ambientico 205:3-4.
- Savage, J. M. y F. Bolaños. 2009. An enigmatic frog of the genus *Atelopus* (Family Bufonidae) from Parque Nacional Chirripó, Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) 57 (1-2): 381-386.
- Segura-Solís, S. y F. Bolaños. 2009. Época reproductiva y distribución geográfica del sapo *Incilius aucoinae* (Bufonidae) en Golfito, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) 57 (Suppl. 1): 301-311.
- Sibaja-Cordero, J. A. y J. Cortés. 2010. Comparación temporal de la composición y zonación de organismos en el intermareal rocoso del Parque Nacional Isla del Coco, Pacífico de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) 58 (4): 1387-1403.
- Spanier, M. J. 2010. 1Beach erosion and nest site selection by the leatherback sea turtle *Dermochelys coriacea* (Testudines: Dermochelyidae) and implications for management practices at Playa Gandoca, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) 58 (4): 1237-1246.
- Zahawi, Z. 2010. Cambio climático y flora: Futura distribución de plantas nativas en San Vito de Coto Brus. Ambientico 205: 5-6.
- Zamora-Trejos, P. y J. Cortés. 2009. Los manglares de Costa Rica: el Pacífico norte. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) 57 (3): 473-488.
- Zhen-Wu, B. 2010. Índices de calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Victoria, Guanacaste, Costa Rica (2007-2008). Cuadernos de Investigación UNED (Edición en Línea, ISSN: 1659-441X) Vol. 2(1): 45-61.

Costa Rica: Investigaciones sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos en sistemas acuáticos continentales

**** Se incluye en esta lista publicaciones recibidas por Catherine Pringle. Además, el CIMAR tiene una lista de publicaciones 1979-2011 que alcanza las 685.**

- Anderson-Olivas. E. A. 2004. Ecological and social implications of hydropower development on a neotropical river system, Costa Rica. PhD Dissertation. University of Georgia, Athens, GA, USA.

- Anderson-Olivas, E. A., C. M. Pringle, and M. Rojas. 2006. Transforming tropical rivers: An environmental perspective on hydropower development in Costa Rica. *Aquatic Conservation* 16:679-693.
- Anderson-Olivas, E. A., M. C. Freeman, and C. M. Pringle. 2006. Ecological consequences of hydropower development in Central America: Impacts of small dams and water diversion on neotropical stream fish assemblages. *River Research and Applications* 22:397-411.
- Anderson, E. A., C. M. Pringle, and M. C. Freeman. 2008. Quantifying the cumulative extent of river fragmentation by dams in the Sarapiquí River Basin, Costa Rica: A first step towards evaluating environmental tradeoffs. *Aquatic Conservation* 18:408-417.
- Ardón, M., L.A. Stallcup and C.M. Pringle. 2006. Does leaf quality mediate the stimulation of leaf breakdown by phosphorus in Neotropical streams? *Freshwater Biology* 51:618-633.
- Ardón, M. and C.M. Pringle. 2007. The quality of organic matter mediates the response of heterotrophic biofilms to phosphorus enrichment of the water column and substratum. *Freshwater Biology* 52:1762-1772.
- Ardón, M. 2006. Effects of leaf litter quality on decomposition dynamics in lowland neotropical streams. PhD. Institute of Ecology, University of Georgia, Athens, GA.
- Ardón, M. and C.M. Pringle. 2008. Do secondary compounds inhibit microbial- and insect mediated leaf breakdown in a tropical rainforest stream, Costa Rica? *Oecologia* 155:311-323.
- Ardón, M., C.M. Pringle and S.L. Eggert. 2009. Does leaf chemistry differentially affect breakdown in tropical vs temperate streams? Importance of using standardized analytical techniques to measure leaf chemistry. *Journal of the North American Benthological Society* 28:440-453.
- Boyero, L., R.G. Pearson, M.O. Gessner, L.A. Barmuta, V. Ferreira, M.A.S. Graça, D. Dudgeon, A.J. Boulton, M. Callisto, E. Chauvet, J.E. Helson, A. Bruder, R.J. Albariño, C.M. Yule, M. Arunachalam, J.N. Davies, R. Figueroa, A.S. Flecker, A. Ramírez, R.G. Death, T. Iwata, J.M. Mathooko, C. Mathuriau, J.F. Gonçalves Jr., M.S. Moretti, T. Jingut, S. Lamothe, C. M'Erimba, L. Ratnarajah, M.H. Schindler, J. Castela, L.M. Buria, A. Cornejo, V.D. Villanueva, & D.C. West. In press. A global experiment suggests climate warming will not accelerate litter decomposition in streams but may reduce carbon sequestration. *Ecology Letters* 00:00-00.
- Duff, J. H., C. M. Pringle, and F. J. Triska. 1996. Denitrification in sediments of a lowland tropical stream draining swamp forest. *Biogeochemistry* 33:179-196.
- Eklund, T. J., W. McDowell, and C. M. Pringle. 1997. Seasonal patterns in tropical precipitation chemistry: La Selva, Costa Rica. *Atmospheric Environment* 31:3903-3910.
- Flowers, R. W. and C. M. Pringle. 1995. Yearly fluctuations in the mayfly (Ephemeroptera) community of a tropical stream draining lowland pasture in Costa Rica, Chapter 10. p. 131-149. In: L. D. Corkum and J. J. H. Ciborowski (eds.). *Current Directions in Research on Ephemeroptera*. Canadian Scholars Press, Inc.
- Genereaux, D. and C. M. Pringle. 1997. Chemical mixing model of stream flow generation at La Selva Biological Station, Costa Rica. *Journal of Hydrology* 199:319-330.
- Genereux, D., S. Wood, and C. M. Pringle. 2002. Chemical tracing of interbasin groundwater transfer in the lowland rainforest of Costa Rica. *Journal of Hydrology* 258:163-178.
- Genereux, D. P., M. Webb, and D. K. Solomon. 2009. Chemical and isotopic signature of old groundwater and magmatic solutes in a Costa Rican rain forest: Evidence from carbon, helium, and chlorine. *Water Resources Research* 45: W08413, doi:10.1029/2008WR007630.
- Irons, J. G., M. W. Oswood, R. J. Stout, and C. M. Pringle. 1994. Latitudinal patterns in leaf litter breakdown: Is temperature really important? *Freshwater Biology* 32:401-411.

- Jackman, A. P., F. J. Triska, J. H. Duff, and C. M. Pringle. 2005. Is Rhodamine WT conservative in small stream studies? Results from upland and lowland reaches of a tropical stream. *Verhandlungen Internationale Verein Limnol.* 28.
- Kilham, S. S. and C. M. Pringle. 2000. Food webs in two neotropical systems as revealed by stable isotope ratios. *Verhandlungen Internationale Verein. Limnol.* 27:1768-1775.
- Paaby-Hansen, P., A. Ramirez, and C. M. Pringle. 1998. The benthic macroinvertebrate community in Caribbean Costa Rican streams and the effect of two sampling methods. *Revista de Biología Tropical* 46:185-200.
- Parsons, D. C. 2000. The development of the water for life web page: an environmental outreach tool on water resource issues for Costa Rica and Latin America. Master's Thesis. University of Georgia, Athens, GA, USA.
- Pohlman, S. M. 1998. Towards implementation of community-led conservation in lowland rainforest: The Water-for-Life Program in Puerto Viejo de Sarapiquí, Costa Rica. Master's Thesis. University of Georgia, Athens, GA, USA.
- Pringle, C. M. 1988. History of conservation efforts and initial exploration of the lower extension of Parque Nacional Braulio Carrillo, Costa Rica. P. 225-242 In F. Alameda and C. M. Pringle (eds.). *Tropical rainforest - Diversity and conservation*. California Academy of Sciences and Pacific Division, American Association for the Advancement of Science, San Francisco, California.
- Pringle, C. M. 1991. Geothermal waters surface at La Selva Biological Station, Costa Rica: Volcanic processes introduce chemical discontinuities into lowland tropical streams. *Biotropica* 23:523-529.
- Pringle, C. M. 1997a. Exploring how disturbance is transmitted upstream: going against the flow. *Journal of the North American Benthological Society* 16:425-438.
- Pringle, C. M. 1997b. Expanding scientific research programs to address conservation challenges in freshwater ecosystems, pp. 305-319. In: Pickett, S. T. A., R. S. Ostfeld, M. Shachak, and G. E. Likens (eds.) *Enhancing the ecological basis of conservation: Heterogeneity, ecosystem function and biodiversity*. Chapman and Hall.
- Pringle, C. M. 2000a. Managing riverine connectivity in complex landscapes to protect remnant natural areas. Plenary talk. *Verhandlungen Internationale Verein. Limnol.* 27:1149-1164.
- Pringle, C. M. 2000b. Riverine conservation in tropical versus temperate regions: Ecological and socioeconomic considerations, Chapter 15, pp. 367-378. In: P. J. Boon, B. Davies, and G. Petts (eds.) *Global perspectives on river conservation: Science policy and practice*. John Wiley and Sons.
- Pringle, C. M. 2001. Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: A global perspective. *Ecological Applications* 11:981-998.
- Pringle, C. M. 2003. What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important? *Hydrological Processes* 17:2685-2689.
- Pringle, C. M. 2006. Hydrologic connectivity: A neglected dimension of conservation biology. In: K. Crooks and M. Sanjayan (eds). *Connectivity in conservation*. Blackwell Scientific Press.
- Pringle, C. M., P. Paaby-Hansen, P. D. Vaux, and C. R. Goldman. 1986. In situ nutrient assays of periphyton growth in a lowland Costa Rican stream. *Hydrobiologia* 134:207-213.
- Pringle, C. M., F. J. Triska, and G. J. Browder 1990. Spatial variation in basic chemistry of streams draining a volcanic landscape on Costa Rica's Caribbean slope. *Hydrobiologia* 206:73-86.
- Pringle, C. M. and F. J. Triska. 1991a. Effects of geothermal waters on nutrient dynamics of a lowland Costa Rican stream. *Ecology* 72:951-965.

- Pringle, C. M. and F. J. Triska. 1991b. Variation in phosphate concentrations of small order streams draining volcanic landscapes in Costa Rica: Sources and implications for nutrient cycling, pp 70-83. In: H. Tiessen, D. Lopez-Hernandez, and I. H. Salcedo (eds.). Phosphorus cycles in terrestrial and aquatic ecosystems. Regional Workshop 3: South and Central America. Organized by the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) and the United Nations Environmental Programme (UNEP), Maracay Venezuela 1989. Turner-Warwick Communications, Saskatoon, Canada.
- Pringle, C. M., G. L. Rowe, F. J. Triska, J. F. Fernandez and J. West. 1993. Landscape linkages between geothermal activity, solute composition and ecological response in streams draining Costa Rica's Atlantic Slope. *Limnology and Oceanography* 38:753-774.
- Pringle, C. M. and A. Ramírez. 1998. Use of both benthic and drift sampling techniques to assess tropical stream invertebrate communities along an altitudinal gradient, Costa Rica. *Freshwater Biology* 39:359-373.
- Pringle, C.M. and F. N. Scatena. 1999a. Factors affecting aquatic ecosystem deterioration in Latin America and the Caribbean. Pages 104-113, In: U. Hatch and M. E. Swisher (eds.). *Tropical managed ecosystems: New perspectives on sustainability*. Oxford University Press.
- Pringle, C. M. and T. Hamazaki. 1997. Effects of fishes on algal response to storms in a tropical stream. *Ecology* 78:2432-2442.
- Pringle, C. M. and T. Hamazaki. 1998. The role of omnivory in structuring a neotropical stream: Separating diurnal versus nocturnal effects. *Ecology* 79:269-280.
- Pringle, C. M. and F. N. Scatena. 1999b. Freshwater resource development: Case studies from Puerto Rico and Costa Rica. Pages 114-121, In: U. Hatch and M. E. Swisher (eds.). *Tropical managed ecosystems: New perspectives on sustainability*. Oxford University Press.
- Pringle, C. M. and F. J. Triska. 2000. Emergent biological patterns in streams resulting from surface-subsurface interactions at landscape scales, Chapter 7, pp. 167-193. In: J. Jones and P. Mulholland (eds.). *Streams and Groundwaters*. Academic Press.
- Pringle, C. M., F. Scatena, P. Paaby, and M. Nuñez. 2000. Conservation of aquatic ecosystems of Latin America and the Caribbean. Chapter 2, Pages 39-75, In: P. J. Boon, B. Davies and G. Petts (eds.). *Global perspectives on river conservation: Science, policy and practice*. John Wiley and Sons.
- Pringle, C. M., M. Freeman, and B. Freeman. 2000. Regional effects of hydrologic alterations on riverine macrobiota in the New World: Tropical-temperate comparisons. *BioScience* 50:807-823.
- Pringle C.M., E.P. Anderson, M. Ardón, R.J. Bixby, S. Connelly, J.H. Duff, A.P. Jackman, P. Paaby, A. Ramírez, G.E. Small, M.N. Snyder, and F.J. Triska. In press. Rivers of Costa Rica. In: *Costa Rican Ecosystems*. Ed: M. Kappelle. University of Chicago Press. Chicago, IL.
- Ramírez, A. 1997. Structure, function and production of benthic macroinvertebrate communities in lowland tropical streams, Costa Rica. Master's Thesis. University of Georgia, Athens, GA, USA.
- Ramírez, A. and C. M. Pringle. 1998a. Structure and production of a benthic insect assemblage in a neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society* 17:443-463
- Ramírez, A. and C. M. Pringle. 1998b. Invertebrate drift and benthic community dynamics in a neotropical stream. *Hydrobiologia* 386:19-26.
- Ramírez, A., P. Paaby, C. M. Pringle, and G. Aguero. 1998. Effect of habitat type on benthic macroinvertebrates in a tropical lowland stream, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 46:201-214.
- Ramírez, A. and R. Novelo-Gutiérrez. 1999. The neotropical dragonfly genus *Macrothemis*: new larval descriptions and an examination of its generic status based on larval stages (Odonata: Libellulidae). *Journal of the North American Benthological Society* 18:66-72.

- Ramírez, A., and C. M. Pringle. 1999. Structure and function of a benthic insect community in a neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society* 17:443-463.
- Ramírez, A., and C. M. Pringle. 1999. Invertebrate drift and benthic community dynamics in a lowland neotropical stream, Costa Rica. *Hydrobiologia* 386:19-26.
- Ramírez, A. 2001. Control of benthic assemblages in detritus-based tropical streams. Doctoral Dissertation. University of Georgia, Athens, GA, USA.
- Ramírez, A., and C. M. Pringle. 2001. Spatial and temporal patterns of invertebrate drift in streams draining a neotropical landscape. *Freshwater Biology* 46:47-62.
- Ramírez, A., C. M. Pringle, and L. Molina. 2003. Effects of stream phosphorus levels on microbial respiration. *Freshwater Biology* 48:88-97.
- Ramírez, A. and C. M. Pringle. 2004. Do macroconsumers affect insect responses to a natural stream phosphorus gradient? *Hydrobiologia* 515:235-246.
- Ramírez, A., and C.M. Pringle. 2006. Fast growth and turnover of chironomid assemblages in response to stream phosphorus levels in a tropical lowland landscape. *Limnology and Oceanography* 51:189-196.
- Ramírez, A., C.M. Pringle, and M. Douglas. 2006. Physico-chemical variables and the structure of stream insect assemblages in a tropical landscape. *Journal of North American Benthological Society* 25:108-123.
- Ramírez, A., C.M. Pringle, and K.M. Wantzen. 2007. Tropical river conservation. In D. Dudgeon (ed.), *Tropical Stream Ecology*. Academic Press.
- Roberts, B. J., P. J. Mulholland, and W. R. Hill. 2007. Multiple scales of temporal variability in ecosystem metabolism rates: Results from two years of continuous monitoring in a forested headwater stream. *Ecosystems* 10: 588-606.
- Rosemond, A. D., C. M. Pringle, and A. Ramírez. 1998. Macroconsumer effects on detrital processing in a tropical stream food web. *Freshwater Biology* 39:515-524.
- Rosemond, A. D., C. M. Pringle, A. Ramirez, and M. Paul. 2001. A test of top- down and bottom-up control in a detritus-based food web. *Ecology* 82:2279-2293.
- Rosemond, A. D., C. M. Pringle, A. Ramirez, M. J. Paul, and J. L. Meyer. 2002. Landscape patterns in the effects of phosphorus on detritus-based tropical streams. *Limnology and Oceanography* 47:278-289.
- Small, G.E., C.M. Pringle, F.J. Triska, J.H. Duff, A.P. Jackman, M. Hidalgo, A. Ramírez and M. Ardón. 2008. Phosphorus uptake dynamics during an eight-year phosphorus addition in a neotropical headwater stream. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 30:551-554.
- Small, G. E. 2010. Nutrient dynamics in Neotropical stream food webs: Effects of stream phosphorus loading on consumer physiology, and the role of consumers in recycling nutrients. Ph.D. dissertation. The University of Georgia.
- Small, G. E. and C. M. Pringle. 2010. Deviation from strict homeostasis across multiple trophic levels in an invertebrate consumer assemblage exposed to high chronic phosphorus enrichment in a Neotropical stream. *Oecologia* 162:581-590.
- Small, G. E., J. P. Wares, and C. M. Pringle. 2011. Phosphorus limitation by a fast-growing detritivore across natural- and experimental P-gradients: evidence for adaptation to local conditions. *Limnology and Oceanography* 56:268-278.
- Small, G. E., M. Pyron, J. H. Duff, and C. M. Pringle. In press. Emergent role of the fish, *Astyanax aeneus* (Characidae), as a Keystone Nutrient Recycler in low- nutrient Neotropical streams, Costa Rica. *Ecology*.

- Springer, M., A. Ramírez and P. Hanson. 2010. Macroinvertebrados de Agua Dulce de Costa Rica I. *Revista de Biología Tropical* 00: 00-00.
- Stallcup, L. A. 2004. Effects of water chemistry and leaf species on leaf breakdown in neotropical headwater streams. . Master's Thesis. University of Georgia, Athens, GA, USA.
- Stallcup L.A., M. Ardón and C.M. Pringle. 2006. Effects of P- and N- enrichment on leaf breakdown in detritus-based tropical streams. *Freshwater Biology* 51:1515-1526.
- Triska, F. J., C. M. Pringle, G. W. Zellweger, J. H. Duff and R. J. Avanzino. 1993. Dissolved inorganic nitrogen composition, transformation, retention, and transport in naturally phosphate-rich and phosphate-poor tropical streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50:665-675.
- Triska F.J., C.M. Pringle, J.H. Duff, R.J. Avanzino, A. Ramírez, M. Ardón and A.P. Jackman. 2006. Soluble Reactive Phosphorus (SRP) transport and retention in tropical, rain forest streams draining a volcanic landscape in Costa Rica. 1: Long-term concentration and pore water environment. *Biogeochemistry* 81:131-143.

7.3. Resumen de impactos por efectos del cambio climático identificados sobre la biodiversidad en Costa Rica.

Elemento de la biodiversidad	Afectación observada/impactos potencial
Especies	
Especies de anfibios (Costa Rica 2009b)	Disminución de poblaciones y desaparición de especies de anfibios en zonas altas asociado a cambios climáticos, aislamiento de hábitat y enfermedades que pueden o no estimular su aparición por el cambio climático.
Caimanes y cocodrilos (Mitchell et al. 2010)	En otras partes del mundo ya encuentran evidencias que para 2080 en adelante, algunas especies de cocodrilos solamente producirán machos como resultado de mayores temperaturas ambientales. Los caimanes en aguas continentales con temperaturas mayores tendrán afectaciones en el desarrollo embrionario y tamaño de los individuos.
Grupos de anfibios y reptiles (Lips et al. 2008)	Disminución de poblaciones en grupos de anfibios y reptiles en zonas bajas. Los reptiles en hojarasca han disminuido en riqueza de especies y abundancia. Las tortugas son sensibles a las temperaturas durante la incubación de los huevos, determinando así la proporción de sexos al nacer. Los anfibios son sensibles a cambios asociados con la alteración del hábitat, la contaminación y enfermedades (Lips et al. 2008).
Aves (Barrantes et al. 2011, Barrantes 2009, Fuchs et al. 2010)	La avifauna que se encuentra asociada a zonas muy altas en Costa Rica (i.e. páramo) ha sido determinada por factores climáticos durante el Pleistoceno acompañado con las oportunidades de migración. La mayoría de los estudios muestra las capacidades migratorias altitudinales de la avifauna costarricense por lo que, siempre y cuando se encuentren las condiciones alimenticias y reproductivas necesarias, éstas se moverán buscando las condiciones que permita su sobrevivencia diaria (Barrantes et al. 2011, Barrantes 2009). El éxito reproductivo de las especies de plantas no solamente es dependiente de la presencia de polinizadores y dispersores de semillas sino que es afectada por cambios en hábitat y climático (Fuchs et al. 2010).
Aves – colibríes (Deliso 2008)	La riqueza de especies en colibríes se encuentra correlacionada con precipitación anual – a mayor precipitación, mayor riqueza de especies. A menor precipitación menor producción de néctar por parte de las plantas. Diversos estudios muestran que en aquellos años en que la precipitación es significativamente menor, el tamaño de las poblaciones de los colibríes se ve disminuido, tomándole a la especie varios años para lograr recuperar niveles previos (Ej. Estación Biológica La Selva-estudios de Stiles 1992).
Mamíferos – murciélagos (LaVal 2004)	Incrementos en la aparición de especies de murciélagos comunes en PN Santa Rosa en el bosque nuboso de Monteverde son atribuidos a aumentos generales en la temperatura.
Especies de árboles en bosque lluvioso tropical (Clark et al. 2010)	El crecimiento en los árboles de bosque lluvioso tropical en términos de aumentos en la cantidad de madera, se ve disminuido por 1) temperaturas anuales promedio nocturnas (1-2 grados centígrados) y 2) disminución en precipitación en la estación seca. Los resultados no apoyan hipótesis previas que aumentos en disponibilidad de CO ₂ atmosférico fertilizan y estimulan el crecimiento del bosque.

Elemento de la biodiversidad	Afectación observada/impactos potencial
Zonas de Vida o Tipos de Bosque	
Bosque Nuboso	La afectación de los cambios de temperatura y precipitación resultado del CC se intensifica por los cambios en el uso de la tierra en las zonas aledañas a los bosques nubosos, cuyo desarrollo es dependiente de la presencia de nubes. El CC intensifica la tendencia actual en humedad disminuida (por menor precipitación y mayor temperatura)
Bosque Seco Tropical (Sánchez-Azofeifa et al. 2008)	Aumenta la presión de calor en la diversidad biológica Cambios en los regímenes hidrológicos clave para las especies que dependen de las zonas ribereñas Cambios en la estructura del ecosistema observándose aumentos en suculentas (Cactaceae, Agavaceae) en los bosques secos de montaña reemplazando las especies de hoja caducas. Reducción de índice de área foliar y un aumento en la evapotranspiración.
Tipos de bosque (Imbach et al. En revisión, Imbach et al. 2010)	Modelaje 1) escurrentía, 2) índice de área foliar, 3) evapotranspiración y 4) tipos de cobertura boscosa han sido realizados para la región Mesoamericana. Con estos insumos es posible trabajar la simulación de los impactos del CC sobre el balance hídrico y la vegetación en Mesoamérica.
Zonas de Vida (Jiménez 2009)	Las zonas de vida son definidas por la precipitación y la temperatura, además de la evapotranspiración. De acuerdo a un modelaje que usa escenarios diversos de cambio climático, Jiménez (2009) logra identificar potenciales cambios en la ubicación de las zonas de vida definidas en Costa Rica. La mayoría de ellas manifestará traslados geográficos en altitud, desapareciendo de Costa Rica desde 2020, el páramo, la casi desaparición del bosque pluvial montano, montano bajo y pre montano así como del bosque muy húmedo montano. A partir del año 2080 aparecen zonas de vida nuevas como Bosque Muy Seco Tropical y "Bosque Seco Premontano".
Acuático	
Humedales: - Ríos - Lagos, lagunas, lagunetas con espejo de agua abierto. - Lagunas, pantanos sin espejo abierto (con árboles, con vegetación arbustiva) - Manglares	Más de 70 publicaciones generadas sobre quebradas y ríos en el Caribe de Costa Rica (OET-Estación Biológica La Selva). Algunos directamente asociados a cambios climáticos y otros que fundamentan conocimientos para la identificación de efectos resultado del CC. 12 publicaciones entre 2008 y 2011. • Un experimento global sugiere que el calentamiento climático no acelerará las tasas de descomposición de la hojarasca en los ríos, pero si puede reducir el secuestro de Carbono (Boyer et al. En prensa). • Pringle dijo que los arroyos y ríos tropicales, en particular, parecen ser especialmente importantes, debido a las temperaturas más cálidas que se traducen en mayores tasas de procesamiento de carbono en los microbios, pero relativamente pocos estudios se han centrado en el carbono en las corrientes tropicales. "Es significativo que muchos países en los trópicos tienen un rápido desarrollo económico", dijo, "y la dinámica del carbono en los arroyos tropicales y los ríos se espera se vean afectados desproporcionadamente por presiones de la urbanización y el cambio de uso del suelo, agravados por los efectos del cambio climático."

Elemento de la biodiversidad	Afectación observada/impactos potencial
Zonas costeras marinas (Corrales y Herrera 2010)	<u>Caribe:</u> Cambio abundancia y distribución de especies inter-mareales Desbalance disponibilidad alimento Desbalance depredación y competencia Erosión costera/Estrés térmico anidación tortugas Aumento o disminución salinidad en estuarios Δ abundancia y distribución especies estuarinas Δ productividad Agua de mar se vuelve “corrosiva” (aumenta la capacidad para disolver carbonatos) Crecimiento corales Aumento bio-erosión corales <u>Pacífico:</u> Cambio abundancia y distribución especies inter-mareales Desbalance disponibilidad alimento Desbalance depredación y competencia Erosión costera/Incremento retroceso costero/Estrés térmico anidación tortugas/Pérdida playas anidamiento Privación o exceso de sedimentos Δ mezcla física estuarios y tiempo de residencia/Aumento o disminución salinidad en estuarios/Δ abundancia y distribución especies estuarinas Incremento estratificación termal/Reducción de afloramientos/Δ productividad Δ Concentración contaminantes Agua de mar se vuelve “corrosiva” Crecimiento corales/Blanqueamiento de corales Aumento bio-erosión corales
Área marina oceánica-Montañas Submarinas (Corrales y Herrera 2010)	Cambio abundancia y distribución especies inter-mareales Desbalance disponibilidad alimento Desbalance depredación y competencia Agua de mar se vuelve corrosiva Crecimiento corales/Blanqueamiento de corales Aumento bio-erosión corales
Servicios Ecosistémicos	
- Biodiversidad marina y costera para alimentación humana (pesca) (Costa Rica (2009b))	<u>Pesca Marina:</u> Los cambios en temperatura en las aguas marinas y costeras resultan en ajustes migratorios por parte de las poblaciones económicamente importantes. Las actividades de pesca tendrán que cambiar de especies e invertir mayor esfuerzo en la búsqueda de las poblaciones apetecidas.
- regulación en cantidad y calidad del agua (Locatelli et al. 2010) para generación hidroeléctrica. - Impactos de CC sobre este servicio ecosistémico y el ciclo hidrológico (Imbach et al. En revisión)	El mapeo de los servicios ecosistémicos asociados con el agua y la generación hidroeléctrica ha sido desarrollado recientemente. Con esta información será posible evaluar los efectos de cambios ambientales y climáticos usando mapas de vulnerabilidad a presiones humanas y a cambio climático. Particularmente, el impacto sobre los flujos de los servicios ecosistémicos hacia los usuarios (Locatelli et al. 2010). Imbach et al. (En revisión) evalúa la ocurrencia de impactos resultado del CC sobre la vegetación y ciclo hídrico en Mesoamérica generando las siguientes predicciones con relativamente baja incertidumbre: 1) la vegetación cambiará desde tipos húmedos a secos, 2) el índice de área foliar disminuirá de 77 – 89%, 3) la escorrentía disminuirá aún en aquellas zonas de alta precipitación como resultado de aumento en temperatura y tasas

Elemento de la biodiversidad	Afectación observada/impactos potencial
	de evapotranspiración. Los impactos del CC sobre la vegetación y el ciclo hídrico tienen una incertidumbre relativamente baja. El CC proyectado reducirá el área foliar en los ecosistemas y el balance hídrico con consecuencias importantes para el funcionamiento de la biodiversidad y los ecosistemas.
- Captura de CO₂ atmosférico (Anderson et al. 2008, Loescher et al. 2003)	En el bosque de la Estación Biológica La Selva se ha notado una disminución en la captación neta de carbono (tasa fotosintética) por hojas en el dosel (Loescher et al. 2003) cuando la temperatura del aire es >28°C. La proyección de temperatura promedio (de 24 horas) en el mes de julio para muchas partes de Costa Rica llega a 28°C al 2080, lo cual implicaría que habrían muchos días con temperaturas muy por encima de 28°C (Anderson et al. 2008). El impacto de esto es una disminución en la capacidad de mitigación por parte de la cobertura vegetal en estas zonas calientes.
- Condiciones que permiten la conectividad para las especies silvestres (Imbach et al. En prep., Canet 2009)	Las especies mantienen los procesos reproductivos y genéticos a través del espacio geográfico. Usualmente, los corredores biológicos sirven esta función de conectividad en los heterogéneos espacios productivos actuales. Tanto la intensidad, extensión en el uso del paisaje y el cambio climático son elementos que dificultan el mantenimiento de las características físicas, químicas y ecológicas en la red de conectividad (Canet 2009). La efectividad de los corredores biológico en el contexto del cambio climático es importante para valorar los impactos asociados. Particularmente, la efectividad de los corredores biológicos como vías de dispersión de plantas simulando mecanismos de dispersión de especies bajo varios escenarios de cambio climático. Con este análisis se concluye que el escenario de las actuales áreas protegidas muestra a aquellas ASP ubicadas en las zonas bajas secas como las más vulnerables. Aquellas especies más “rápidas” en su método de dispersión tendrá ventajas. Y, las ASP y CB que cuenten con gradientes altitudinales, latitudinales y longitudinales tendrán ventaja sobre aquellas áreas geográficamente menos heterogéneas (Imbach et al. En prep.).