




Proyecto 00033342 – Segunda Comunicación Nacional
a la Convención Marco de
Naciones Unidas sobre Cambio Climático
(IMN – PNUD – GEF)



Biodiversidad y Cambio Climático
en Costa Rica



2009



**Proyecto 00033342 – Segunda Comunicación Nacional a la
Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio
Climático (IMN – PNUD – GEF)**

Biodiversidad y Cambio Climático en Costa Rica

Informe Final



Junio 2009

Créditos

Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) para el Instituto Meteorológico Nacional (IMN)

Coordinador y editor

Jesús Armando Ugalde Gómez

Autores

Jesús Armando Ugalde Gómez

Alvaro Herrera Villalobos

Vilma Obando Acuña

Oscar Chacón Chavarría

Manuel Vargas Del Valle

Alonso Matamoros Delgado

Randall García Víquez

Contenidos

Índice de cuadros	5
Índice de figuras	6
Siglas y acrónimos	8
Resumen ejecutivo	9
Introducción	14
1. Estado actual de la biodiversidad	15
1.1. Definición y niveles de la Biodiversidad	15
1.2. Estado del conocimiento de la Biodiversidad	15
1.2.1. Ecosistemas	15
1.2.2. Especies	17
1.2.3. Diversidad Genética	17
1.3. Estado de conservación de la Biodiversidad	18
1.3.1. Ecosistemas	18
1.3.2. Especies	19
1.3.3. Diversidad Genética	20
1.4. Cambios de la Biodiversidad en el tiempo	21
1.4.1. Ecosistemas	21
1.4.2. Especies	24
1.5. Amenazas para la Biodiversidad	25
1.5.1. Ecosistemas	25
1.5.2. Especies	26
1.5.3. Diversidad Genética	27
2. Línea base	28
2.1. Contexto	28
2.2. Regiones Climáticas de Costa Rica	29
2.3. Línea base período 1961-1990 para Costa Rica	29
2.4. Escenario climático 2030 para Costa Rica	36
2.5. Vulnerabilidad e Impactos	42
2.6. Casos de estudio para Costa Rica	43
2.6.1. Anfibios en tierras altas	43
2.6.2. Anfibios y reptiles	44
2.6.3. Árboles	44
2.6.4. Nubes, Monteverde y el Corredor Biológico Centroamericano	44
2.6.5. Zonas de Vida	45
2.6.6. Aves	46
2.6.7. Especies de tierras bajas y transectos altitudinales	47
2.6.8. Humedales	47
2.6.9. Tortugas	47
2.6.10. Caimanes	48
2.6.11. Pesquería	49
3. Vulnerabilidad futura e impactos del cambio climático, clima actual y variabilidad climática sobre la biodiversidad	50
3.1. Contexto	50
3.1.1. Ecosistemas	50
3.1.2. Sistemas costeros y áreas bajas	51
3.1.3. Recursos hídricos	51
3.1.4. América Latina	52
3.2. Ecosistemas, vulnerabilidad futura e impactos del cambio climático, clima actual y variabilidad climática sobre la biodiversidad	52
3.2.1. Cambio climático y biodiversidad	52
3.2.2. Cambio climático y bioregiones	53
3.2.3. Pacífico Norte	54
3.2.4. Pacífico Sur	55

3.2.5.	Vertiente del Caribe.....	55
3.2.6.	Tierras Medias.....	56
3.2.7.	Tierras Altas	57
3.2.8.	Análisis del cambio climático por área silvestre protegida.....	57
3.3.	Especies, vulnerabilidad futura e impactos del cambio climático sobre la biodiversidad.....	67
4.	Impactos positivos y negativos potenciales sobre la biodiversidad dados por las actividades llevadas a cabo para enfrentar el cambio climático	106
4.1.	Contexto.....	106
4.2.	Actividades orientadas a mitigación de la biodiversidad en Costa Rica.....	111
5.	Acciones, sinergias y alianzas en relación con Biodiversidad y Cambio Climático.	113
5.1.	Marco institucional y de políticas	113
5.2.	Perspectiva del Convenio sobre Diversidad Biológica	113
5.2.1.	Biodiversidad y sus relaciones con el cambio climático	113
5.2.2.	Convenio sobre Diversidad Biológica y opciones de mitigación del cambio climático.....	115
5.2.3.	Convenio sobre Diversidad Biológica y opciones de adaptación al cambio climático.	116
5.2.4.	Enfoques para prestar apoyo a la planificación, la toma de decisiones y debates públicos ...	117
5.3.	Medidas de adaptación para el caso de Costa Rica	118
5.3.1.	Investigación	118
5.3.2.	Manejo.....	119
5.3.3.	Políticas.....	119
5.3.4.	Institucionales.....	119
5.3.5.	Educación y sensibilización	120
6.	Capacidades nacionales en el tema de Biodiversidad y Cambio Climático.....	121
7.	Propuesta de indicadores de vulnerabilidad y monitoreo del estado de la biodiversidad (ecosistemas y poblaciones).	124
8.	Barreras, limitaciones y oportunidades	135
8.1.	Barreras y limitaciones.....	135
8.2.	Oportunidades:.....	138
9.	Programas de investigación, proyectos, estudios, publicaciones, bases de datos y páginas en Internet relacionadas con Biodiversidad y Cambio Climático en Costa Rica	140
9.1.	Programas de investigación, proyectos y estudios.....	140
9.2.	Publicaciones, bases de datos y otros	158
9.2.1.	Publicaciones monográficas	158
9.2.2.	Bases de datos/bibliotecas/páginas web	164
9.2.3.	Afiches sobre cambio climático	165
9.2.4.	Imágenes en la Internet.....	166
9.2.5.	Publicaciones seriadas.....	168
9.2.6.	Blogs y agencias noticiosas internacionales.....	169
10.	Bibliografía.....	172

Índice de cuadros

Cuadro 1. Principales sistemas de clasificación de ecosistemas terrestres utilizados en Costa Rica (Herrera y Obando 2008).	16
Cuadro 2. Cantidad de especies conocidas, esperadas y endémicas registradas para Costa Rica según principales grupos taxonómicos (Herrera y Obando 2008).....	17
Cuadro 3. Porcentaje de cobertura boscosa según Zona de Vida de Holdridge en 1983 (Sader & Joyce 1988), 1991 (Sánchez-Azofeifa <i>et al.</i> 2001) y 2005 (INBio).....	21
Cuadro 4. Porcentaje de cobertura remanente por unidad fitogeográfica y cumplimiento de meta (SINAC 2007a).	22
Cuadro 5. Cambios en cantidad de área (ha) del país según rango de precipitación anual (mm) entre los períodos línea base (1961-1990) y futuro (2030).	40
Cuadro 6. Cambios en cantidad de área (ha) del país según rangos de isotermas de temperatura mínima anual (°C) entre los períodos línea base (1961-1990) y futuro (2030).....	40
Cuadro 7. Cambios en cantidad de área (ha) del país según isotermas de temperatura máxima anual (°C) entre los períodos línea base (1961-1990) y futuro (2030).	41
Cuadro 8. Porcentaje (%) de la extensión terrestre e índice de afectación de los parques nacionales y reservas biológicas de Costa Rica que sufrirá cambio en la precipitación anual, la temperatura mínima anual y la temperatura máxima anual entre el período línea base 1961-1990 y el 2030.	59
Cuadro 9. Especies seleccionadas para medición de cambios en la distribución potencial con base en tres variables climáticas (precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima).	69
Cuadro 10. Cambios esperados en la distribución potencial de 16 especies en Costa Rica con base en tres variables climáticas (precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima).	72
Cuadro 11. Opciones seleccionadas de mitigación del cambio climático bajo CDM, JI y sus posibles efectos sobre la biodiversidad.....	107
Cuadro 12. Capacidades existentes en el país para el desarrollo y promoción de la investigación en biodiversidad y cambio climático (recursos).	122
Cuadro 13. Barreras identificadas para la implementación de las Convenciones de Cambio Climático y sobre Diversidad Biológica en Costa Rica (tomado de Ulate y Villegas, 2007).	136
Cuadro 14. Programas de investigación en el país en materia de cambio climático y biodiversidad.	142
Cuadro 15. Proyectos y estudios desarrollados por nacionales y residentes en materia de biodiversidad y cambio climático.....	143
Cuadro 16. Proyectos y estudios desarrollados en el país por investigadores internacionales en materia de biodiversidad y cambio climático.....	148

Índice de figuras

Figura 1. Isoyetas de la precipitación (mm) anual promedio. Período línea base 1961-1990.	33
Figura 2. Isotermas de la temperatura (°C) mínima promedio. Período línea base 1961-1990.	34
Figura 3. Isotermas de la temperatura (°C) máxima promedio. Período línea base 1961-1990.	35
Figura 4. Emisiones antropogénicas de dióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄), óxido nitroso (N ₂ O) y dióxido de azufre (SO ₂) en los seis escenarios ilustrativos del Informe Especial del IPCC sobre Escenarios de Emisiones (IE-EE): A1B, A2, B1 y B2, A1FI y A1T [Nabichenovic & Swart 2000]. También se muestra, con fines de comparación, el escenario IS92a.	36
Figura 5. Isoyetas de la precipitación (mm) anual promedio. Año 2030, escenario de emisiones A2. .	37
Figura 6. Isotermas de la temperatura (°C) mínima promedio. Año 2030, escenario de emisiones A2.	38
Figura 7. Isotermas de la temperatura (°C) máxima promedio. Año 2030, escenario de emisiones A2.	39
Figura 8. Mapa de Bioregiones para Costa Rica.	54
Figura 9. Isoyetas de la precipitación (mm) anual promedio. Período línea base 1961-1990, Parque Nacional Braulio Carrillo.	61
Figura 10. Isoyetas de la precipitación (mm) anual promedio. Año 2030, escenario de emisiones A2, Parque Nacional Braulio Carrillo.	62
Figura 11. Isotermas de la temperatura (°C) mínima promedio. Período línea base 1961-1990, Parque Nacional Braulio Carrillo.	63
Figura 12. Isotermas de la temperatura (°C) mínima promedio. Año 2030, escenario de emisiones A2, Parque Nacional Braulio Carrillo.	64
Figura 13. Isotermas de la temperatura (°C) máxima promedio. Período línea base 1961-1990, Parque Nacional Braulio Carrillo.	65
Figura 14. Isotermas de la temperatura (°C) máxima promedio. Año 2030, escenario de emisiones A2, Parque Nacional Braulio Carrillo.	66
Figura 15. Distribución potencial de <i>Amazilia boucardi</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.	74
Figura 16. Distribución potencial de <i>Amazilia boucardi</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.	75
Figura 17. Distribución potencial de <i>Ara ambiguus</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.	76
Figura 18. Distribución potencial de <i>Ara ambiguus</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.	77
Figura 19. Distribución potencial de <i>Caluromys derbianus</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.	78
Figura 20. Distribución potencial de <i>Caluromys derbianus</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.	79
Figura 21. Distribución potencial de <i>Carpodectes antoniae</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.	80
Figura 22. Distribución potencial de <i>Carpodectes antoniae</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.	81
Figura 23. Distribución potencial de <i>Cephalopterus glabricollis</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.	82
Figura 24. Distribución potencial de <i>Cephalopterus glabricollis</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.	83
Figura 25. Distribución potencial de <i>Craugastor podiciferus</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.	84
Figura 26. Distribución potencial de <i>Craugastor podiciferus</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.	85
Figura 27. Distribución potencial de <i>Cryptotis gracilis</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.	86
Figura 28. Distribución potencial de <i>Cryptotis gracilis</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.	87

Figura 30. Distribución potencial de <i>Habia atrimaxilaris</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.....	89
Figura 31. Distribución potencial de <i>Incilius aucoinae</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima período, línea base 1961-1990.	90
Figura 32. Distribución potencial de <i>Incilius aucoinae</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.	91
Figura 33. Distribución potencial de <i>Isthmohyla picadoi</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.....	92
Figura 34. Distribución potencial de <i>Isthmohyla picadoi</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.....	93
Figura 35. Distribución potencial de <i>Oedipina poelzi</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.	94
Figura 36. Distribución potencial de <i>Oedipina poelzi</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.	95
Figura 37. Distribución potencial de <i>Oophaga granulifera</i> con base en la precipitación anual temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990	96
Figura 38. Distribución potencial de <i>Oophaga granulifera</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.....	97
Figura 39. Distribución potencial de <i>Phyllobates vittatus</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.....	98
Figura 40. Distribución potencial de <i>Phyllobates vittatus</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.....	99
Figura 41. Distribución potencial de <i>Saimiri oerstedii</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.	100
Figura 42. Distribución potencial de <i>Saimiri oerstedii</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.	101
Figura 43. Distribución potencial de <i>Smilisca puma</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.	102
Figura 44. Distribución potencial de <i>Smilisca puma</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.	103
Figura 45. Distribución potencial de <i>Touit costaricensis</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.....	104
Figura 46. Distribución potencial de <i>Touit costaricensis</i> con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.....	105

Siglas y acrónimos

ASP	Área Silvestre Protegida
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CBD	Convenio sobre Diversidad Biológica
CITES	Convenio Internacional para el Tráfico de Especies Silvestres
CMCC	Convención Marco sobre el Cambio Climático
CONAREFI	Comisión Nacional de Recursos Fito-Genéticos
CORBANA	Corporación Bananera Nacional
ENOS	El Niño Oscilación Sur
FONAFIFO	Fondo Nacional de Fidecomiso Forestal
GARP	Genetic Algorithm Rule Set Production
GEF	Global Environmental Facility
IBPGR	International Board for Plant Genetic Resources
IE-EE	Informe Especial del IPCC sobre Escenarios de Emisiones
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INBio	Instituto Nacional de Biodiversidad
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (por sus siglas en ingles)
MINAET	Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones
MIPRO	Ministerio de la Producción
OET	Organización para Estudios Tropicales
OIRSA	Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria
OMM	Organización Meteorológica Mundial
ONS	Oficina Nacional de Semillas
PN	Parque Nacional
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PREPAC	Plan Regional de Pesca y Acuicultura Continental
PSA	Pago de Servicios Ambientales
RB	Reserva Biológica
RNVS	Refugio Nacional de Vida Silvestre
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
UCR	Universidad de Costa Rica
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNA	Universidad Nacional

Resumen ejecutivo

Conocimiento, estado actual y amenazas a la biodiversidad

La Biodiversidad es importante para el ser humano, ya que de ella se obtienen una gran variedad de bienes y servicios indispensables para la sobrevivencia del ser humano. El cambio climático está considerado como una de las principales amenazas globales para la biodiversidad en todos sus niveles. Si bien el cambio climático no es algo nuevo, la actividad humana ha alterado la estructura de muchos de los ecosistemas del mundo, disminuyendo su resiliencia frente a los cambios.

El análisis de las interacciones entre Biodiversidad y Cambio Climático resulta particularmente relevante en Costa Rica, donde se registran cerca de 91.000 especies, el 18% del medio millón de especies que se estiman están presentes en el país y aproximadamente un 4,5% de las especies conocidas en el mundo.

La información sobre la diversidad genética de las especies costarricenses es escasa. El conocimiento relacionado con especies domesticadas es mayor, destacándose aquellas plantas utilizadas en la producción alimenticia y maderable.

A nivel de ecosistemas terrestres existen al menos seis sistemas de clasificación que definen números variables de ecosistemas para el país. La información sobre los ecosistemas de aguas continentales en Costa Rica, tanto lóticos como lénticos, es limitada y se ha desarrollado recientemente. Se han identificado tres provincias ícticas, cuatro ecorregiones de aguas continentales y 13 Unidades Ecológicas de Drenaje.

En el caso de ecosistemas marinos se han identificado 69 estuarios, gran cantidad de playas arenosas, rocosas y fangosas, tres localidades con pastos marinos en el Caribe y dos en el Pacífico, 127 manglares, estando la mayoría (96%) en la costa pacífica y un área arrecifal de 970 Km² identificándose 10 arrecifes coralinos en la costa caribe y 42 en la costa pacífica.

Costa Rica cuenta con 166 áreas silvestres protegidas en sus diferentes categorías las cuales cubren un 25,97% del territorio terrestre y un 0,9% de su extensión marina. Sin embargo, este esfuerzo conservacionista está muy lejos de proteger adecuadamente los diferentes ecosistemas identificados en el país, y más aún de proteger los procesos evolutivos y ecológicos necesarios para una buena salud de los ecosistemas.

La evaluación de los ecosistemas dulceacuícolas del país señala que humedales como las lagunas, canales naturales, esteros y manglares están siendo transformados a un ritmo alarmante y solo la mitad se encuentran protegidos.

Para los ecosistemas marinos se reconoce la falta de protección, ya que el porcentaje de mar patrimonial que se protege en la actualidad está por debajo de los estándares recomendados y no cubren las áreas identificadas como importantes para la biodiversidad.

En lo que a especies se refiere, se tiene un total de 1.824 especies amenazadas a escala nacional, ya sea con poblaciones reducidas o en vías o peligro de extinción. En el caso de la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN para Costa Rica se encuentran registrados 1 anfibio como extinto y 235 especies amenazadas. La lista de CITES (Convenio Internacional para el Tráfico de Especies Silvestres) para Costa Rica tiene registradas en los diferentes apéndices un total de 1.768 especies.

Los ecosistemas como estuarios, manglares, playas, pastos marinos, arrecifes y comunidades coralinas sufren cambios constantes producto de la acción humana mediante la contaminación de las aguas y sobreexplotación de sus recursos.

Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad

La limitación de estudios en el pasado que funcionen como línea base, con un método de muestreo sistematizado y detallado, limita la posibilidad de documentar los cambios poblacionales de las especies del país. Para las plantas hasta hace un par de décadas se viene registrando información sobre la composición y estructura del bosque mediante el uso de parcelas. En el futuro estas parcelas podrán servir para medir cambios en la biodiversidad de este grupo taxonómico.

En general se puede decir que muchas de las especies del país han experimentado una reducción en su área de distribución y en su tamaño poblacional debido a los cambios en la cobertura de sus hábitat y/o sobre explotación por parte del ser humano, llevando a que algunas de estas se encuentren amenazadas.

En Costa Rica se han realizado varios estudios, algunos de ellos desde hace 30 años, que bajo diferentes enfoques y grupos taxonómicos, analizan los impactos del Cambio Climático sobre la Biodiversidad.

En anfibios se ha observado una marcada declinación en las poblaciones y especies de anfibios, principalmente aquellos localizados en tierras altas, así como de anfibios y reptiles de tierras bajas. Estas últimas relacionadas con reducciones en la cantidad de la hojarasca, un microhábitat importante para estos animales, atribuido a un aumento gradual en la temperatura y en la humedad de la región, es la principal causa de estas declinaciones.

De igual forma se ha documentado el efecto del cambio climático sobre el crecimiento de los árboles, donde se obtuvo una reducción en la producción primaria neta de los bosques tropicales en años calientes durante las últimas dos décadas. Los autores sugieren que sus resultados son congruentes con otros estudios que demuestran que el aumento de la temperatura provoca que la tasa de respiración sea mayor que la tasa de fotosíntesis, reduciéndose la producción primaria neta.

Las nubes de Monteverde parecen estar desapareciendo. La razón principal es la deforestación pero no en los bosques nubosos de Monteverde, sino en las tierras bajas, lo cual está generando un fuerte impacto en las nubes de Monteverde.

También se han realizado estudios relacionados con las zonas de vida, que sugieren que aquellas localizadas en elevaciones altas podrían ser más sensitivas a incrementos en temperatura que a los cambios en la precipitación, mientras que aquellas en elevaciones bajas podrían ser más susceptibles a los cambios en las precipitaciones.

Estudios con aves han mostrado que varias especies se han desplazado a tierras más altas en donde estaban ausentes, mientras que aquellas que ocupaban previamente tierras altas han declinando en abundancia. Lo que es consistente con estudios con otros grupos como epífitas, rubiáceas del sotobosque, geométridos (pollillas) y hormigas.

Uno de los ecosistemas más afectados por la variabilidad climática y los eventos extremos son los humedales. Se espera que bajo las condiciones descritas en los escenarios de cambio climático estos ecosistemas sufran alteraciones significativas, con sus consecuencias directas e indirectas en las poblaciones humanas que de ellos dependen para subsistir.

En el caso de los arrecifes de coral se ha comprobado que la variación de la temperatura puede afectar significativamente sus funciones o incluso causar su muerte debido al fenómeno conocido como "blanqueamiento de corales" afectando también a las otras especies de estos ricos ecosistemas.

En grupos como tortugas y caimanes, los estudios han demostrado que cambios en la temperatura del nido están generando cambios en la proporción de sexos propia de cada especie, con el consecuente desequilibrio en las poblaciones, lo compromete la sobrevivencia de estos grupos.

En relación con la pesca, las aguas costeras, los arrecifes coralinos y la biodiversidad típica son los más afectados por El Niño, dada la gran sensibilidad que tienen a los cambios bruscos de la temperatura del mar.

Vulnerabilidad futura

Los cambios en la precipitación anual entre el período línea base 1961-1990 y el 2030 se presentan en el 42% del área del país. De manera general se observa que las precipitaciones permanecerán igual en el 58% del país, disminuirán en el 26% del territorio y aumentarán en el 15%. Algunas partes con precipitaciones anuales superiores a los 4.000 mm experimentarán una disminución en la precipitación y las áreas con precipitación anual mayor a los 5.000 mm quedarán confinadas a la región de Gofito y a la costa Pacífica de la Península de Osa.

La temperatura mínima, permanecerá igual en el 56% del área del país, disminuirá en el 16% y aumentará en el 28%. El cambio más notorio será la disminución en el área de las isoterms 8-10 °C, 16-18 °C, 18-20 °C y de 20-22 °C, mientras que aumentarán las áreas de las isoterms de 6-8 °C y 22-24 °C.

La temperatura máxima permanecerá igual en el 34% de las áreas del país, disminuirá en el 23% y aumentará en el 43%. El cambio más notorio será la disminución en las áreas de las isoterms 20-22 °C, 24-26 °C y de 30-32 °C, mientras que aumentará las áreas de la isoterma de 26-28 °C.

En lo que a parques nacionales y reservas biológicas se refiere, se observa una tendencia a que los que se verán más afectados en términos de cambios en precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, son los ubicados en las partes altas y los menos afectados los ubicados en las tierras bajas cerca de las costas. Parques nacionales como Tapantí - Macizo de la Muerte y Braulio Carrillo podrían experimentar una marcada disminución en su precipitación anual y por lo tanto una reducción de su capacidad como zona de recarga acuífera, afectando la disponibilidad de agua a los habitantes del Valle Central.

En el análisis de cambios en la distribución potencial de 16 especies con diferentes patrones de distribución y estatus de conservación, se encontró que en cinco especies el área de distribución potencial se reduce entre un 90% y un 100%, en cuatro especies se espera que su área de distribución potencial se reduzca entre un 30% y un 50%, en dos especies se reduzca de 0 a 10%, en cuatro especies se espera un aumento entre un 34% y un 36%, y una especie presenta un aumento en el área de distribución potencial del 84,36%

Marco institucional y de políticas

El cambio climático forma parte de las preocupaciones de más alto nivel político en el país. Estas se visualizan en instrumentos de gestión como son el Plan Nacional de Desarrollo, la Iniciativa Presidencial Paz con la Naturaleza, el Acuerdo del Consejo de Gobierno del 1º de agosto del 2007 y algunas directrices específicas que buscan operativizar acciones orientadas a enfrentar el cambio climático.

Medidas de Mitigación

Las relaciones entre la diversidad biológica y el cambio climático actúan en ambas direcciones. El cambio climático amenaza a la diversidad biológica y la diversidad biológica puede reducir o incrementar el impacto del cambio climático.

Dentro de este contexto, la condición ideal es que las actividades de mitigación y adaptación al cambio climático sean mutuamente beneficiosas y sinérgicas, es decir, se mitigue el cambio y se adapte al mismo, aumentando a la vez la conservación de la diversidad biológica.

Las actividades orientadas a mitigación de la biodiversidad en Costa Rica no necesariamente obedecen en su totalidad a una política explícita de mitigación al cambio climático, sino más bien son respuesta a políticas de conservación y recuperación de cobertura boscosa en el país.

Algunas de estas medidas han sido: las plantaciones forestales, la regeneración natural (bosques secundarios), los proyectos de producción de energía limpia, la ampliación de monocultivos agrícolas y las políticas de conservación del país.

Medidas de Adaptación

Dentro de las acciones generales de adaptación propuestas para el país se encuentran: el establecimiento de redes de áreas protegidas marinas, terrestres y de agua dulce que tomen en cuenta los cambios climáticos proyectados; la gestión integrada y sostenible del recurso hídrico integrando las dimensiones del cambio climático; el manejo integrado de cuencas; la gestión de hábitat enfocada en especies en peligro; la reducción de la fragmentación de los ecosistemas, con especial atención en los humedales; el mejoramiento de las acciones de control de cambio de uso del suelo y tala ilegal; la incorporación al mantenimiento y restablecimiento de ecosistemas naturales de los impactos del cambio climático; el fortalecimiento de la generación y la valoración de bienes y servicios provenientes de los ecosistemas; la promoción de diferentes formas de conservación privada (corredores biológicos, reservas privadas, servidumbres); la incorporación al pago de servicios ambientales de las dimensiones del cambio climático; el fortalecimiento de las acciones de protección y manejo sostenible en arrecifes de coral; la consolidación del ordenamiento ecosistémico dinámico ante el cambio climático del territorio nacional para la conservación de la biodiversidad; el fortalecimiento de la coordinación interinstitucional y alianzas para la gestión sinérgica entre biodiversidad y cambio climático; la promoción de la investigación y el monitoreo; el ordenamiento de la gestión sostenible de los recursos marinos y marino-costeros; el fortalecimiento de los mecanismos participativos y de sensibilización de la sociedad civil con el apoyo de los medios de comunicación masiva; y, el fortalecimiento de los programas de educación formal y no formal.

Capacidades nacionales en el tema de Biodiversidad y Cambio Climático

Costa Rica tiene en general capacidad técnica de alto nivel y con experiencia para generar y analizar investigaciones sobre biodiversidad y cambio climático. Existen escenarios climáticos al 2010, 2030 y 2100, hay estudios de vulnerabilidad e impactos (aunque hay dificultad para disponer de datos históricos para realizar estos estudios), existe información actualizada sobre el potencial de mitigación del sector forestal sobre causas de emisiones, e inventarios, entre muchos otros.

Existen en este momento varios programas de investigación establecidos en la Universidad de Costa Rica, CATIE, MINAET, EPA y Oficina Nacional Forestal. Estos programas tienen diferentes áreas de trabajo, que incluye el desarrollo de biomateriales energéticos, servicios ambientales, estudio de la vulnerabilidad y adaptación del bosque ante el cambio climático y reforestación.

Para que el ente rector pueda ejercer sus acciones adecuadamente, se requiere revisar, ordenar e integrar el marco legal existente de manera que facilite aplicar los diversos temas que aborda la Convención Marco sobre el Cambio Climático, sin duplicación de funciones, sin dispersión, ni confusión en las competencias.

Es necesario este fortalecimiento también para que la información generada sea adecuadamente procesada para que logre el propósito de educar a diferentes sectores de la sociedad y procurar cambios de actitud y prácticas que atentan contra los esfuerzos de contrarrestar el cambio climático.

Barreras y limitaciones

Costa Rica ha generado, desde los años 90, importante información relacionada con biodiversidad y cambio climático, producida por investigadores e instituciones nacionales e internacionales. No obstante, esta investigación no está coordinada entre sí, ni responde a una política nacional en el tema.

La legislación vinculada con los temas cambio climático-biodiversidad requiere ser ordenada e integrada para facilitar la aplicación de los diversos temas que aborda la Convención de Cambio Climático.

Se requiere también que la información generada sea adecuadamente procesada, para que logre el propósito de educar a diferentes sectores de la sociedad y procurar cambios de actitud y prácticas que atentan contra los esfuerzos de contrarrestar el cambio climático.

Oportunidades

Dentro de las oportunidades con que cuenta el país en el tema de Biodiversidad y Cambio Climático se encuentran: la imagen país en el tema del Desarrollo Sostenible (DS) asociado a la conservación de recursos naturales; el Programa de Pago por Servicios Ambientales; la Iniciativa Paz con la Naturaleza; la generación de electricidad con fuentes renovables; los avances en materia de cambio climático que se ven favorecidos por la estabilidad democrática, la visión política y estratégica de líderes públicos y empresariales; el disponer de una Estrategia Nacional de Cambio Climático, mediante la cual el país está asumiendo el compromiso de ser “Carbono neutral” para el año 2021; el interés de los sectores público y sector privado de acogerse a la propuesta de “carbono neutral”; la existencia de proyectos de cooperación financiera que apoyarán el sistema nacional de áreas protegidas en temas relacionados con el mejoramiento de la gestión y manejo de ecoturismo en áreas protegidas; el Programa Nacional de Pago de Servicios Ambientales (PSA); el Programa Nacional de Corredores Biológicos que ejecuta el SINAC; y el contar con un sistema nacional de áreas protegidas que representa más del 25% del territorio nacional.

Introducción

El cambio climático está considerado como una de las principales amenazas globales para la biodiversidad en todos sus niveles, tanto para los ecosistemas y las especies como para su diversidad genética. Si bien el cambio climático no es algo nuevo, la actividad humana ha alterado la estructura de muchos de los ecosistemas del mundo, disminuyendo su resiliencia frente a los cambios. Además, la contaminación y otros efectos indirectos del uso de los recursos naturales se han multiplicado desde los inicios de la revolución industrial, lo que se agrava por el hecho de que la velocidad proyectada para el cambio climático es más rápida que cualquier otro cambio en los últimos 10.000 años.

Es muy probable que muchas de las especies y los ecosistemas no puedan adaptarse a la nueva presión que significa el cambio climático, lo que puede representar la pérdida de algunos de ellos, así como de los servicios que brindan, hecho que no ha sido considerado en las estrategias de conservación de país.

La reconocida riqueza natural y la alta inversión social en conservación de la biodiversidad se ven amenazadas ante la falta de medidas que permitan enfrentar el clima, su variabilidad y el cambio climático. Igualmente, la inversión en infraestructura pública y servicios asociada a la oferta actual de bienes y servicios ambientales (turismo, hidroelectricidad, agua potable entre otros) requiere soporte con información científicamente validada y objetivamente presentada, a fin de identificar las oportunidades que el cambio climático les ofrecen, más allá de quedarse en la preocupación del impacto sobre las inversiones realizadas.

Por esta razón, es preciso desarrollar propuestas de acción que permitan garantizar la permanencia de los procesos ecológicos y evolutivos, que posibiliten que la biodiversidad se adapte a este y otros cambios; dicho de otra manera, asegurar la oferta de bienes y servicios que la sociedad requiere, y que se derivan del buen funcionamiento de los sistemas ecológicos.

La investigación es uno de los primeros pasos para integrar los retos que representa el cambio climático a los planes nacionales de conservación; sin embargo a falta de estudios, se hace necesario tanto recopilar información como tener una panorámica de lo que está sucediendo en el país en este tema.

Objetivo de la Consultoría

Analizar la problemática sobre la “Biodiversidad y el Cambio Climático”, con el fin de proponer acciones dirigidas a aquellas entidades que pueden apoyar en la toma de decisiones para reducir la vulnerabilidad y promover la adaptación de los ecosistemas al cambio climático.

La primera parte de este informe presenta una panorámica sobre la situación de la Biodiversidad en el país y los posibles impactos (actuales y futuros) ante el cambio climático. A la vez refleja las medidas de adaptación que se están realizando o que se deberían llevar a futuro en el país (corto, mediano y largo plazo), y las posibles alianzas para realizarlos.

La segunda parte corresponde a un listado sobre los diferentes materiales existentes a nivel mundial en inglés y español (documentos, artículos científicos, videos cortos y largos, afiches, cuñas, entre otros) en el tema de Biodiversidad y Cambio Climático. Este incluye: a) Título, b) Tipo de documento que incluya un breve comentario sobre el contenido, c) Ubicación física o electrónica.

1. Estado actual de la biodiversidad

1.1. Definición y niveles de la Biodiversidad

El término Biodiversidad o Diversidad de la Vida significa literalmente la variedad de los seres vivos y sus agrupaciones encontradas en nuestro planeta. Al hablar de la Biodiversidad nos referimos a 3 componentes:

Ecosistemas: todas las diferentes asociaciones formadas por las interacciones de los seres vivos entre sí y con el medio ambiente. Estas abarcan ecosistemas como el desierto, el bosque lluvioso tropical, la tundra, el arrecife de coral, la laguna, el manglar y otros.

Especies: el grupo de individuos que comparten las mismas características físicas, genéticas y de comportamiento, y que se reproducen entre sí. Ejemplo de especies lo constituyen el coyote (*Canis latrans*), el yigüirro (*Turdus grayi*), la iguana verde (*Iguana iguana*), la ranita roja (*Oophaga pumilio*), el pez gaspar (*Atractotopus tropicus*), la guaria morada (*Guarianthe skinneri*), el árbol surá (*Terminalia oblonga*), la piangua (*Anadara tuberculosa*), la mosca común (*Musca domestica*), la hormiga roja corta hojas (*Atta cephaloides*), el hongo venenoso (*Amanita muscaria*) y otros más.

Diversidad genética: las diferentes variedades (razas) dentro de una especie producto de su variedad de genes. El perro doméstico (*Canis domesticus*) es una especie, pero sus diferentes razas, desde el chiguagua hasta el San Bernardo, son el producto de la diversidad genética.

La Biodiversidad es importante para el ser humano, ya que de ella se obtienen una gran variedad de bienes y servicios indispensables para la sobrevivencia del ser humano. Entre los bienes figuran los diferentes alimentos y materiales que el ser humano usa cotidianamente. Entre los servicios se encuentran el transporte cuando hace uso de animales, hasta la producción de oxígeno por parte de las plantas. En cualquier actividad cotidiana que el ser humano realice, se puede apreciar el aporte de la biodiversidad y su dependencia de la misma.

1.2. Estado del conocimiento de la Biodiversidad

1.2.1. Ecosistemas

Costa Rica, con tan solo 51.100 km² de territorio terrestre, posee una considerable variedad de ecosistemas. Esto es debido a: 1) su posición biogeográfica, 2) su variada topografía, 3) su variedad de suelos de diferente origen y 4) las diferentes condiciones climáticas. Costa Rica es considerada uno de los países con extremadamente alta biodiversidad en ecosistemas boscosos (Obando 2002). Su extensión marítima de 589.000 km² adiciona además ecosistemas marinos como arrecifes de coral, pastos marinos de fanerógamas y sistemas rocosos sumergidos que aumentan su biodiversidad.

Para identificar los ecosistemas, los científicos se valen de diferentes sistemas de clasificación dependiendo de cuales variables abióticas y/o bióticas son utilizadas. Al emplear cualquier sistema de clasificación de ecosistemas hay que considerar que los mismos no son unidades discretas, sino que existen zonas de transición producto de los cambios moderados entre las diferentes variables. En el cuadro 1.1 se resume la información de los principales sistemas de clasificación de ecosistemas usados en Costa Rica.

Cuadro 1. Principales sistemas de clasificación de ecosistemas terrestres utilizados en Costa Rica (Herrera y Obando 2008).

Sistema de clasificación	Variables usadas	Cantidad de unidades en Costa Rica
Zonas de Vida de Holdridge	Temperatura, precipitación pluvial y evapotranspiración potencial	12 zonas y 12 zonas de transición
Macrotipos de Vegetación	Características morfológicas, de hábito y fenológicas de las plantas	27 macrotipos de vegetación
Unidades Bióticas	Factores fisiográficos, comportamiento climático y elementos distributivos de flora y fauna	55 unidades bióticas
Regiones Florísticas	Patrones de vegetación terrestre, datos climáticos y especies de plantas indicadoras	25 regiones florísticas
Unidades Fitogeográficas	Composición florística, factores abióticos (precipitación, temperatura, meses secos), topográficos, altitudinales, edáficos, y en ocasiones geológicos	33 unidades fitogeográficas
Ecorregiones Terrestres de Dinerstein <i>et al.</i>	Composición de especies, dinámica ecológica y condiciones ambientales.	7 ecorregiones

La información sobre los ecosistemas de aguas continentales en Costa Rica, tanto los ecosistema lóticos y lénticos, es limitada y se ha desarrollado recientemente. Bussing (1976) propuso la presencia de 3 provincias ícticas para el país para las cuales considera criterios paleogeográficos y análisis de biogeografía. Olson *et al.* (1998) definieron ecorregiones de aguas continentales para Centro América con la presencia de 4 en Costa Rica. Para estos ecosistemas se han propuesto recientemente 13 Unidades Ecológicas de Drenaje que corresponden a cuencas con características similares (SINAC-MINAE 2007b). El Inventario de Cuerpos de Agua de Centroamérica (PREPAC-OIRSA 2005) indica la presencia de 480 cuerpos naturales en Costa Rica (excluyendo reservorios y embalses) siendo la mayoría pequeños (lagunetas), los cuales se pueden clasificar en 26 tipos según su origen, elevación y tipo de sistema (cerrado o abierto) (SINAC-MINAE 2007b). Para los sistemas lóticos, en Costa Rica existen 64 tipos basados en tamaño del área de drenaje, elevación, patrón climático y conectividad

(SINAC-MINAE 2007b) y además hay 515 tipos de macrohábitat en ellos determinados por velocidad de la corriente, tipo de sustrato predominante y calidad de las aguas (SINAC-MINAE 2007b).

La reciente publicación del informe técnico sobre Ambientes Marino Costeros de Costa Rica de la Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva (Nielsen & Quesada 2006) brinda información básica sobre los ecosistemas marinos. Se tienen identificados unos 69 estuarios (Gómez 2006), gran cantidad de playas arenosas, rocosas y fangosas (Quesada 2006a), 3 localidades con pastos marinos en el Caribe y 2 en el Pacífico (Fonseca 2006), 127 manglares, estando la mayoría (96%) en la costa pacífica (Zamora 2006), y un área arrecifal de 970 Km² (Alvarado *et al.* 2006) identificándose 10 arrecifes coralinos en la costa caribe y 42 en la costa pacífica (Fonseca 2006).

1.2.2. Especies

Las especies de Costa Rica han sido estudiadas desde el siglo XIX, particularmente hoy día se tiene un buen conocimiento sobre los vertebrados y plantas del país. Para Costa Rica se registran cerca de 91.000 especies, aproximadamente un 4,5% de las especies conocidas en el mundo (cerca de 2 millones al 2005) (Obando 2007). Estas especies representan tan solo el 18% del medio millón de especies que se estiman están presentes y representan el 3,6% de las especies esperadas para el mundo (14 millones) (Obando 2007). Al considerar su extensión territorial (51.100 km²) y su cantidad de especies, Costa Rica figura entre los países con mayor densidad de especies (Obando 2007).

En el cuadro 2 se brindan algunas cifras que indican el estado del conocimiento de las especies en los principales grupos taxonómicos.

Cuadro 2. Cantidad de especies conocidas, esperadas y endémicas registradas para Costa Rica según principales grupos taxonómicos (Herrera y Obando 2008).

Grupo Taxonómico	Especies esperadas	Especies conocidas	Porcentaje de especies conocidas	Especies endémicas conocidas	Porcentaje de especies endémicas
Plantas	12.000	10.550	87,9%	1.362	12,9%
Hongos	50.000 – 70.000	1.200	-	-	-
Líquenes	-	2.300	-	-	-
Moluscos	3.200	1.500	46,9%	-	-
Insectos	365.000	66.950	18,3%	-	-
Mamíferos	-	237	-	7	2,9%
Aves	-	867	-	6	0,7%
Reptiles	-	228	-	22	9,6%
Anfibios	-	186	-	47	25,3%
Peces	-	916	-	19 (agua dulce)	-

1.2.3. Diversidad Genética

La diversidad genética es fundamental para que las especies puedan responder a los cambios en las condiciones del medio ambiente. Diversidad genética significa la disponibilidad potencial de nuevas características para la adaptación de las especie. La información sobre la diversidad genética de las especies costarricenses es escasa. Existen algunas investigaciones sobre la estructura y diversidad genética en poblaciones de algunas especies silvestres de plantas y vertebrados. El conocimiento en las especies domesticadas es mayor, destacándose aquellas plantas utilizadas en la producción alimenticia y maderable.

En plantas se tiene información sobre la diversidad genética de gavilán (*Pentaclethra macroloba*), nazareno (*Peltogyne purpurea*), ceiba (*Ceiba pentandra*), ajo (*Caryocar costaricense*), caobilla (*Carapa guianensis*), jaúl (*Alnus acuminata*), caoba (*Swietenia macrophylla*), *Poikilacanthus macranthus*, *Alchornea latifolia*, *Dendropanax arboreus*, *Inga thibaudiana*, *Protium glabrum*, jocote (*Spondias purpurea*) y cedro (*Cedrela odorata*).

En animales se han realizado estudios genéticos en poblaciones de ratón silvestre (*Sigmodon hispidus*), tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*), pájaro campana (*Procnias tricarunculata*), garrobo (*Ctenosaura quinquedecarinata*), rana roja (*Oophaga pumilio*), mono congo (*Alouatta palliata*), rana túngara (*Engystomops pustulosus*), danta (*Tapirus bairdi*) y murciélago de ventosa (*Thyroptera tricolor*), entre otras.

En Costa Rica se han registrado la presencia de especies silvestres y nativas emparentadas con especies domesticadas utilizadas por el ser humano (Herrera y Obando 2008). Por ejemplo, existen 1 especie silvestre nativa para el tomate y maíz, 2 para el arroz, banano, piña, calabaza y chile, 3 para el algodón y papaya, 4 para la cebolla, yuca y jocote, 5 para el cacao, cítricos y chayote, 13 para la anona, 14 para el frijol, 16 para el pejibaye, 47 para el camote y 92 para la papa. Estas especies representan un potencial para mejorar las variedades existentes y producir nuevas, de manera que son importantes en la seguridad alimentaria futura.

1.3. Estado de conservación de la Biodiversidad

1.3.1. Ecosistemas

El proceso de deforestación utilizado para crear áreas abiertas con fines de producción agropecuaria y asentamientos urbanos destruyó y alteró muchos de los ecosistemas del país. Este proceso se intensificó significativamente durante el siglo XX mediante incentivos financieros para incrementar las áreas dedicadas a la ganadería de carne. De 1940 a 1980, Costa Rica perdió una tercera parte de su cobertura forestal, área similar a la que había perdido desde la época de la conquista hasta 1940. Esta situación generó la fragmentación de los bosques y la contaminación de los suelos y aguas dulceacuícolas en la mayor parte del país.

Gracias a la reacción de los conservacionistas a principios de los 70s del siglo pasado, se inició el proceso de crear las áreas silvestres protegidas (ASPs), con el fin de proteger los principales remanentes de los ecosistemas que aun permanecían sin alteración. Hoy día, contamos con 166 ASPs en sus diferentes categorías las cuales cubren un 25,97% del territorio terrestre y un 0,9% de su extensión marina. Sin embargo, este esfuerzo conservacionista está muy lejos de proteger adecuadamente los diferentes ecosistemas identificados en el país, y más aún de proteger los procesos evolutivos y ecológicos necesarios para una buena salud de los ecosistemas.

Recientemente se finalizó el proyecto de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad, conocido como GRUAS II En este proyecto se utilizaron las unidades fitogeográficas como elemento de clasificación de la vegetación y representatividad ecológica. Utilizando diferentes parámetros para medir el estado de conservación de estos ecosistemas se identificaron 7 unidades fitogeográficas como críticas ya que los remanentes de su vegetación natural son muy pocos, están sumamente fragmentadas y se localizan en áreas no protegidas (SINAC-MINAE 2007a). Estas unidades son las cimas de los edificios volcánicos de Guanacaste (7a), Valle Central Occidental y Cerros de Turubares (9a), páramo de la Cordillera Volcánica Central (11a), laderas y zonas bajas de la Península de Nicoya (12a), llanuras de Parrita (13a), Valle del General (15a) y Valle del Coto Brus (16a) (SINAC-MINAE 2007a). Además de estas unidades, existen 13 más que se consideran amenazadas ya que sus remanentes de vegetación natural no alcanzan los niveles mínimos según las metas establecidas y se encuentran además en áreas no protegidas (SINAC-MINAE 2007a).

Un análisis similar realizado por Powell *et al.* (1995) en el cual se utilizaron las zonas de vida de Holdridge como elemento de representatividad de la biodiversidad y las ASPs como elementos de protección absoluta, señaló que solo 7 de las 24 zonas de vida están suficientemente representadas en las áreas silvestres de protección absoluta (parque nacionales y reservas biológicas). Las 13 restantes representaban solo 2% de estas áreas protegidas y recibían poca o ninguna protección (0-3.5%). De estas, 11 zonas de vida estaban críticamente subprotegidas (< 50 km² protegidos) y 3 zonas adicionales tenían una protección inadecuada (> 50 km² pero < 100 km² protegidas). Las zonas de vida subprotegidas representan una variedad de hábitat distribuidos por todo el país, pero generalmente se concentraban en dos áreas: las laderas del Pacífico de mediana altitud y las llanuras del noroeste. Las laderas del Pacífico han sido utilizadas para cultivos agrícolas tradicionales, particularmente café, y para la industria lechera. Las llanuras del noroeste han sido usadas para la ganadería y más recientemente para las plantaciones de caña de azúcar y arroz.

La respuesta del país a estos resultados ha sido la promoción de actividades productivas amigables con la conservación en los sitios en donde aun permanecen ecosistemas no protegidos por las ASPs, cambios de categorías de algunas de las ASPs con el fin de promover la conservación de sus ecosistemas a largo plazo, y el fomento de ASPs en manos privadas. El Pago de Servicios Ambientales (PSA) ha sido otro mecanismo utilizado para conservar a corto plazo pequeños remanentes de ecosistemas amenazados en terrenos privados.

La evaluación de los ecosistemas dulceacuícolas del país señala que humedales como las lagunas, canales naturales, esteros y manglares están siendo transformados a un ritmo alarmante y solo la mitad se encuentran protegidos (Obando 2007, SINAC-MINAE 2007b). Por otro lado, para los ecosistemas marinos se reconoce la falta de protección, ya que el porcentaje de mar patrimonial que se protege en la actualidad está por debajo de los estándares recomendados y no cubren las áreas identificadas como importantes para la biodiversidad (Quesada 2006b). El informe técnico de la Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica menciona 8 áreas del país en las cuales por sus características biológicas se requiere implementar acciones de conservación en un tiempo corto (Quesada 2006b). Estas áreas en el sector Pacífico son el Golfo de Papagayo y Bahía Culebra, Golfo Dulce, Isla del Caño, Sistema Sierpe-Térraba, Golfo de Nicoya e Isla del Coco; y en el sector Caribe son el Caribe Norte (PN Tortuguero) y Caribe Sur (RNVS Gandoca-Manzanillo). De estas destacan como puntos calientes (del inglés "hotspots") o sitios con alta diversidad de especies y ecosistemas el Golfo de Papagayo y el Golfo Dulce, los cuales aún no están protegidos en su totalidad.

1.3.2. Especies

Las especies, vistas ya sea como elementos de los ecosistemas o como entidades individuales, no han escapado de los efectos negativos de las actividades del ser humano, algunas especies se encuentran hoy día amenazadas y su conservación a largo plazo dependerá de la regulación de dichas actividades. Las evaluaciones tendientes a medir el estado de conservación de las especies se encuentran principalmente en tres listados, uno a nivel nacional y dos a nivel internacional. Estos listados son: reglamento de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), lista roja de especies amenazadas internacionalmente de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales (UICN) y la lista de especies de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

El reglamento de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre, el Decreto 32633-MINAE, publicado en La Gaceta N° 180 el martes 20 de setiembre de 2005, enlista las especies que expertos nacionales consideran amenazadas a escala nacional. Este listado incluye 1.824 especies en dos categorías: Especie con poblaciones reducidas son especies o subespecies de fauna y flora silvestres, o sus poblaciones, que tienen probabilidades de convertirse en especies en peligro de extinción en el futuro previsible, en todas o parte de sus áreas de distribución; si los factores que causan su disminución numérica o la degradación de sus hábitat continúan presentándose; o que son raras porque se encuentran generalmente localizadas en áreas o hábitat geográficamente limitados, o muy diseminadas

en áreas de distribución más extensas, y están en posibilidades reales o potenciales de verse sujetas a una disminución y posible peligro de extinción o a la extinción de la misma, y Especies en vías o peligro de extinción aquellas que debido a su escasez o por algún otro factor de su biología particular, se encuentran gravemente amenazadas de desaparecer del país, y cuya sobrevivencia es poco probable si los factores causales de su desaparición (entre otros, deforestación, cacería, introducción de especies exóticas, contaminación) continúan actuando sobre ella.

El decreto antes mencionado permite prohibir la tenencia, caza, pesca, y extracción directa o indirecta por medio de productos o subproductos, con cualquier fin, de las especies con poblaciones reducidas o en peligro de extinción. La lista de especies con poblaciones reducidas incluye 1.539 especies de plantas (orquídeas, cactus, tilansias, zamias y helechos arborescentes), 4 grupos de corales, 4 arañas, 88 anfibios, 28 reptiles, 81 aves y 14 mamíferos; mientras que aquellas con poblaciones en peligro de extinción abarca 32 orquídeas, 2 anfibios, 6 reptiles, 17 aves y 13 mamíferos.

La lista roja de especies amenazadas de la UICN es un listado basado en el estado de conservación de las especies a nivel mundial según criterios establecidos para este propósito por especialistas de la UICN. En Costa Rica se encuentran registrados 1 anfibio como extinto y 235 especies amenazadas, estas últimas distribuidas en las categorías de especies en peligro crítico (4 plantas, 3 peces, 20 anfibios, 2 reptiles, 1 ave y 1 mamífero); en especies en peligro (33 plantas, 11 insectos, 3 peces, 22 anfibios, 4 reptiles, 4 aves y 4 mamíferos); y especies vulnerables (67 plantas, 1 insecto, 14 peces, 20 anfibios, 2 reptiles, 12 aves y 7 mamíferos).

Finalmente, la lista de CITES (Convenio Internacional para el Tráfico de Especies Silvestres) es un listado de especies amenazadas internacionalmente por el comercio ilegal de sus productos o subproductos. Para Costa Rica se tienen registradas en el apéndice I: 7 plantas, 1 anfibio, 8 reptiles, 7 aves y 18 mamíferos; en el apéndice II: 1.523 plantas, 4 peces, 5 anfibios, 7 reptiles, 126 aves y 20 mamíferos; y en el apéndice III: 1 planta, 9 reptiles, 17 aves y 15 mamíferos. Las listas de los apéndices suman 1.768 especies.

Al analizar en forma conjunta las especies en los 3 listados mencionados anteriormente, sobresalen 14 especies que se encuentran amenazadas en los mismos (3 anfibios, 6 reptiles, 2 aves y 3 mamíferos), una de ellas considera extinta el sapo dorado (*Ollotis periglenes*). De estas especies destacan la tortuga baula (*Dermodochelys coriacea*) y la tortuga carey (*Eretmodochelys imbricata*) las cuales se encuentran simultáneamente en las categorías de mayor amenaza en cada uno de los listados (Herrera y Obando 2008). Otras especies que aparecen en los tres listados son la tortuga caguama (*Caretta caretta*), la tortuga verde (*Chelonia mydas*), la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*), lapa verde (*Ara ambiguus*), el mono ardilla (*Saimiri oerstedii*), la danta (*Tapirus bairdii*), 2 ranas venenosas (*Phyllobates vittatus* y *Oophaga granulifera*), el cocodrilo (*Crocodylus acutus*), un perico (*Touit costaricensis*) y el manatí (*Trichechus manatus*) (Herrera y Obando 2008).

Sobre las especies de vertebrados extintas, para las cuales existen mayor información y registros, se considera la extinción de 3 anfibios (*Ollotis periglenes*, *Ollotis holdridgei* y *Craugastor escoces*), pero existen otras 7 especies (*Atelopus senex*, *Atelopus chiriquiensis*, *Ollotis fastidiosus*, *Isthmohyla calypsa*, *Craugastor fleischmanni*, *Craugastor angelicus* y *Craugastor andi*) para las cuales no se tienen registros recientes de poblaciones en los últimos 10 años, ni siquiera en las localidades en que existieron en el pasado (Taller para la Conservación, Análisis y Manejo Planificado (CAMP II) de las especies de anfibios de Costa Rica 2007). Para las aves se reporta 1 especie extinta (*Amazilia alfaroana*) y 4 especies posiblemente extintas (*Dendrocygna viudata*, *Falco deiroleucus*, *Laterallus ruber* y *Lophornis delattrei*), todas ellas sin registros en los últimos 25 años (Obando et al. 2007). Para los mamíferos se tiene como extinta una especie de olingo (*Bassaricyon lasius*) para la cual solo se conoce el espécimen usado en su descripción en 1932 (Herrera y Obando 2008).

1.3.3. Diversidad Genética

Debido a la escasa información sobre la diversidad genética de las especies silvestres, el país se ha inclinado más a la conservación *in situ* por medio de su sistema de áreas silvestres protegidas. El

contexto natural *in situ* en que se encuentran estas especies permite que las fuerzas evolutivas operen y que la diversidad genética tome los rumbos naturales que dichas fuerzas definen. Sin embargo, hay que reconocer que algunas especies y/o variedades están localizadas en áreas alteradas y no protegidas para las cuales no hay garantía de que su conservación a largo plazo.

Adicionalmente, en Costa Rica existen varios bancos de germoplasma en los cuales se conservan principalmente variedades de las especies domesticadas localizados principalmente en instituciones como el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE); la Universidad de Costa Rica a través de diferentes centros de investigaciones, la Universidad Nacional, el Ministerio de la Producción, los jardines botánicos Lankester y Wilson y la Corporación Bananera Nacional (CORBANA) entre otros (ONS/CONAREFI/IBPGR, 1991). De estos bancos de germoplasma los jardines botánicos Lankester y Wilson son los que poseen más accesiones (*Conjunto de uno o más especímenes mantenidos en una colección viva o preservada para su conservación o uso. Se conoce también como entrada*) de especies silvestres emparentadas con especies ornamentales como orquídeas, bromelias, heliconias, cactus y palmas. Solo algunos pocos de los otros bancos poseen accesiones de algunas pocas especies nativas silvestres, como por ejemplo en la Universidad de Costa Rica, la Estación Experimental Fabio Baudrit con colecciones de frijol (*Phaseolus*), papaya (*Carica*) y guayaba (*Psidium*), el Centro de Investigaciones Agronómicas con tiquisque (*Xanthosoma*) y papa (*Solanum*) y el Centro de Biología Celular y Molecular con arroz (*Oryza*); en la Universidad Nacional hay de chayote (*Sechium*), y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza posee varias colecciones de especies nativas centroamericanas.

1.4. Cambios de la Biodiversidad en el tiempo

1.4.1. Ecosistemas

Como se mencionó en los capítulos anteriores, cualquier estudio sobre la diversidad de ecosistemas del país debe especificar el sistema de clasificación usado. En general, se puede considerar que el ecosistema terrestre más extenso en el país es el bosque, independientemente de su tipo. Partiendo de este punto de vista, es posible analizar el cambio de la cobertura de bosque en el tiempo debido a la deforestación.

Uno de los estudios clásicos en este tema es el de Sader & Joyce (1988). Estos autores analizaron la cobertura de bosques primarios (bosques naturales relativamente sin disturbios con una cobertura de copa mayor a 80% del área, sin incluir bosques regenerados y secundarios) en los años 1940, 1950, 1961, 1977 y 1983. Al analizar sus resultados en relación con las Zonas de Vida de Holdridge mostraron una pérdida del 100% en 5 zonas de vida y con pérdidas menores en las otras. Posteriormente Sánchez-Azofeifa *et al.* (2001) hicieron un análisis similar para la cobertura forestal (bosques con densidad de copa mayor o igual a 80%) de 1991 usando datos obtenidos con tecnologías modernas. Entre sus hallazgos encontraron diferencias significativas con el estudio de Sader & Joyce (Cuadro 3). Con base en el mapa de cobertura forestal de Costa Rica elaborado por FONAFIFO en el 2005, se desarrolló un ejercicio para el 2005, donde se consideraron las áreas de bosque o cobertura natural (bosque, manglar y páramo). Aunque las diferencias encontradas entre los estudios reflejan mayoritariamente diferencias metodológicas y tecnológicas, es posible que la regeneración natural haya aumentado la cobertura forestal en 1991 y 2005. En general, estos resultados demuestran la dificultad de hacer comparaciones en este tema cuando los estudios utilizan diferentes metodologías.

Cuadro 3. Porcentaje de cobertura boscosa según Zona de Vida de Holdridge en 1983 (Sader & Joyce 1988), 1991 (Sánchez-Azofeifa *et al.* 2001) y 2005 (INBio).

Zona de Vida de Holdridge	1983	1991	2005
Bosque Tropical Seco	0 %	0 %	43%
Bosque Tropical Húmedo	0 %	5 %	34%
Bosque Tropical Muy Húmedo	22 %	39 %	56%

Continuación Cuadro 3			
Zona de Vida de Holdridge	1983	1991	2005
Bosque Premontano Húmedo	0 %	2 %	36%
Bosque Premontano Muy Húmedo	6 %	19 %	34%
Bosque Premontano Lluvioso	50 %	60 %	78%
Bosque Montano Bajo Húmedo	0 %	16 %	13%
Bosque Montano Bajo Muy Húmedo	14 %	45 %	53%
Bosque Montano Bajo Lluvioso	65 %	84 %	91
Bosque Montano Muy Húmedo	0 %	37 %	49%
Bosque Montano Lluvioso	68 %	90 %	96%

Durante el proyecto de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de CR, GRUAS II, se realizó un análisis de vacíos en la representatividad e integridad de las biodiversidad terrestre usando como filtro grueso las 31 unidades fitogeográficas (SINAC 2007). Como meta de conservación se estableció que el área mínima a conservar debía ser de 10.000 ha en fragmentos no menores a 1.000 ha, adicionalmente no debía corresponder a menos del 10% y no más del 30% del total de la unidad fitogeográfica disponible. Cuando una unidad fitogeográfica cumple esta meta se considera que la integridad ecológica de la misma es buena o muy buena. Los resultados se muestran en el Cuadro 4, 11 unidades fitogeográficas cumplen con las metas establecidas si se consideran las áreas con protección permanente, parcial, temporal y no protegidas. Esto muestra que la mayoría de las unidades fitogeográficas poseen una mala integridad ecológica.

Cuadro 4. Porcentaje de cobertura remanente por unidad fitogeográfica y cumplimiento de meta (SINAC 2007a).

Unidades Fitogeográficas	Área total (ha)	Área con cobertura forestal remanente (ha)	Meta (ha)	Cumplimiento de meta considerando tamaño de parche
Llanuras de Guatuso tierras bajas	92.509,46	62.181,01	10.000,00	Si b
Llanuras de Guatuso tierras elevadas	291.649,68	94.019,53	29.164,97	
Llanuras de San Carlos tierras bajas	229.139,8	110.956,24	22.913,98	
Llanuras de San Carlos tierras elevadas	128.979,11	47.643,31	12.897,91	
Llanuras de Tortuguero tierras bajas	401.348,54	184.881,58	40.134,85	Si b
Llanuras de Tortuguero tierras elevadas	181.446,45	109.485,71	18.145,64	Si c
Tierras bajas del Caribe Sur	82.069,56	52.057,89	10.000,00	
Estribaciones del caribe de la Cordillera de Salamanca	125.072,21	115.115,21	12.507,22	Si b
Península de Santa Elena	54.641,17	24.044,51	10.000,00	
Tierras bajas del Tempisque	231.126,68	79.719,22	23.112,67	
Pie de monte de la cuenca del Tempisque	639.534,73	318.908,62	63.953,47	
Cerros cársticos de la cuenca del Tempisque	24.660,91	19.844,48	7.398,27	
Laderas de los edificios volcánicos de Guanacaste	150.385,7	66.186,9	15.038,57	Si c
Cimas de los edificios volcánicos de Guanacaste	3.588,55	1.985,35	1.076,57	
Cordillera de Tilarán	251.997,16	61.657,17	25.199,72	
Cordillera Volcánica Central	157.996,5	138.559,79	15.799,65	Si b
Valle Central Occidental y cerros de Turrubares	133.392,28	35.533,53	13.339,23	

Continuación cuadro 4				
Unidades Fitogeográficas	Área total (ha)	Área con cobertura forestal remanente (ha)	Meta (ha)	Cumplimiento de meta considerando tamaño de parche
Laderas del litoral caribe de la Cordillera de Talamanca	420.430,63	389.780,6	42.043,06	Si a
Laderas del litoral pacífico de la Cordillera de Talamanca	257.632,55	173.385,09	25.763,25	Si a
Páramos de la Cordillera Volcánica Central	1.966,88	1.201,99	590,06	
Páramos de la Cordillera de Talamanca	20.795,76	20.247,33	6.238,73	Si a
Laderas y zonas bajas de la Península de Nicoya	3.528,33	2.449,04	1.058,5	
Cimas de la Península de Nicoya	223.789,5	150.022,15	22.378,95	
Llanuras de Parrita	48.720,45	12.903,59	10.000,00	
Estribaciones occidentales de la Cordillera de Talamanca	172.491,15	105.390,72	17.249,12	
Fila Chonta	43.475,41	31.108,71	10.000,00	
Valle del General	164.698,97	69.851,47	16.469,9	
Valle de Coto Brus	74.036,83	39.092,18	10.000,00	
Cimas de la Península de Osa	2.799,56	2.799,56	839,87	Si a
Laderas de Osa y filas Costeñas, Cruces y Cal	331.824,47	240.140,15	33.182,45	Si a
Llanuras de la Península de Osa	154.554,86	64.961,07	15.455,49	
a = con protección permanente b = con protección permanente y parcial c = con protección permanente, parcial y no protegido				

En su informe técnico “Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica” (2006), la Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica resalta la problemática que los ecosistemas marinos costeros enfrentan. Ecosistemas propios de esta zona como los estuarios, manglares, playas, pastos marinos, arrecifes y comunidades coralinas sufren cambios constantes producto de la acción humana mediante la contaminación de las aguas y sobreexplotación de sus recursos. Para los estuarios y manglares, la deforestación cercana, la sedimentación acarreada por los ríos, el drenaje de los mismos, la producción de sal y la creación de piletas para la acuicultura, reducen y alteran las condiciones naturales de estos ecosistemas costeros (Gómez 2006, Zamora 2006). Entre 1964 y 1989, Solórzano *et al.* (1991) estimaron una pérdida del 6,7% de la cobertura boscosa en los manglares del Golfo de Nicoya, mientras que Malavassi *et al.* (1986) calificaron el 37% de los manglares estudiados como degradados o muy alterados, y el resto con algún grado de alteración o en recuperación. Por otro lado, Alvarado *et al.* (2006) informan que los arrecifes y las comunidades coralinas del país están siendo degradadas por la sedimentación, eutroficación, contaminación, fenómeno El Niño, turismo, desarrollo hotelero y extracción ilegal.

En general, independientemente del sistema de clasificación de los ecosistemas que se utilice, se puede decir que todos los ecosistemas del país han sufrido cambios en su estructura y composición como producto de las acciones humanas. Es evidente que la contaminación, la sobreexplotación de recursos y cambios en la cobertura natural de la tierra producidos por el ser humano han producido y están provocando cambios en la integridad de los ecosistemas, y por ende en la calidad de los bienes y servicios que estos ecosistemas brindan a los seres humanos.

1.4.2. Especies

El estudio de la biodiversidad de Costa Rica, aunque data del siglo XIX, se ha centrado mayoritariamente en inventariar sus especies, conocer cuáles son y cómo diferenciarlas. Este conocimiento es fundamental para estudios posteriores. Para documentar los cambios en el número de especies y su abundancia en el tiempo, se requiere de información inicial que funcione como línea base. Posteriormente se necesita de la misma información en años o períodos subsiguientes de manera tal que se puedan realizar las comparaciones correspondientes y así documentar las tendencias. La limitación de estudios en el pasado que funcionen como línea base, con un método de muestreo sistematizado y detallado, limita la posibilidad de documentar los cambios poblacionales de las especies del país.

Durante el siglo pasado se realizaron algunos estudios en localidades específicas de Costa Rica en los cuales se inventariaron especies, principalmente de algunos grupos de vertebrados y plantas. Sin embargo, para algunos de estos estudios no existe la información de la metodología empleada que pueda ser replicada hoy día, o algunas de las localidades muestreadas y sus alrededores han sufrido cambios radicales en el uso de la tierra de manera tal que el hábitat original en el estudio ha desaparecido. Estos dos factores limitan las posibilidades de usar estos estudios como línea base para documentar cambio en la riqueza y abundancia de especies. Para las plantas hasta hace un par de décadas se viene registrando información sobre la composición y estructura del bosque mediante el uso de parcelas. En el futuro estas parcelas podrán servir para medir cambios en la biodiversidad de este grupo taxonómico.

Existen algunas observaciones actuales y anécdotas no documentadas de cambios en las especies en el tiempo. Ya se mencionó la extinción de 5 especies de vertebrados y de 11 especies que no han sido registradas en las últimas décadas. En aves hay que agregar la carencia de registros recientes de especies migratorias que no se han observado en el país. Por otro lado se tienen registradas nuevas especies de aves, migratorias y no migratorias, que han arribado últimamente desde los países vecinos producto de su expansión natural. Algunas orquídeas no han sido recolectadas recientemente o solo se conoce el tipo recolectado en el pasado. Esto hace suponer que estas orquídeas son muy raras o que el esfuerzo para recolectarlas ha sido muy bajo, pero también podría ser que las mismas se hayan extinguido. Las orquídeas, particularmente aquellas sin pseudobulbo, al igual que otras epífitas, helechos y musgos, son muy sensibles a los cambios de humedad. Sobre los otros grupos de organismos se cuenta con muy poca información para declarar cambios en su número de especies, los esfuerzos en estos grupos han estado dirigidos para diferenciar las especies. Janzen (comunicación personal) narra como en sus investigaciones con insectos en las montañas del PN Guanacaste ha observado la llegada de hormigas a estas montañas en donde antes estaban ausentes y de la desaparición y llegada de diferentes especies de mariposas. En general se puede decir que muchas de las especies del país han experimentado una reducción en su área de distribución y en su tamaño poblacional debido a los cambios en la cobertura de sus hábitat y/o sobre explotación por parte del ser humano, llevando a que algunas de estas se encuentren amenazadas.

Aunque la situación descrita en el párrafo anterior es común, existen pocos estudios que nos permiten evaluar cambios en la diversidad de especies. La Estación Biológica La Selva de la Organización para Estudios Tropicales (OET) en Puerto Viejo de Sarapiquí es una de las estaciones de investigación en biología tropical más reconocidas en el mundo. Como sitio de investigación esta estación ha acumulado investigaciones científicas desde 1968. La información sobre su diversidad de especies en los primeros años ha permitido realizar estudios comparativos sobre sus cambios. Recientemente Escobar *et al.* (2008) compararon la riqueza, composición, diversidad y agrupaciones de especies, así como estructura comunal, de los escarabajos coprófagos en La Selva en tres períodos 1969, 1993-1994 y 2004. Sus resultados mostraron una reducción en la diversidad y un notable aumento en la dominancia de la estructura comunal de escarabajos coprófagos en los últimos 35 años. Estos autores atribuyen estos cambios a la deforestación en el paisaje de los alrededores de esta estación biológica y /o a los cambios climáticos en la región. Sigel *et al.* (2006) documentaron cambios en la abundancia y frecuencia de especies de aves, particularmente con una reducción en la abundancia de especies insectívoras del sotobosque y un aumento en especies asociadas a áreas abiertas y con

dieta omnívora. Por su parte, Whitfield *et al.* (2007) documentaron una reducción de un 75% en la densidad poblacional de todas las especies de anfibios terrestres y una tendencia similar para las poblaciones de reptiles comunes. Estos autores sugieren que reducciones en la cantidad de la hojarasca, atribuido a cambios en el clima de la región, es la principal causa de estas declinaciones.

La reserva biológica Bosque Nuboso Monteverde en Monteverde de Puntarenas es otro de los sitios del país con mucha investigación sobre su biodiversidad. Por su posición y rangos altitudinales es un área idónea para los estudios sobre cambio climático y biodiversidad. Pounds *et al.* (2005) resumen algunos de los principales hechos asociados con cambios en la biodiversidad del sitio. Las tendencias muestran que especies de aves residentes características de elevaciones medias en las vertientes Caribe y Pacífica han incrementado en abundancia en elevaciones altas, mientras que algunas especies características de elevaciones altas han disminuido, otras han desaparecido y algunas han migrado a las porciones de tierras más altas de la zona (Pounds *et al.* 1999). Las especies de lagartijas *Norops* de tierras altas se encuentran restringidas a las partes más altas y húmedas de estas montañas, mientras que las especies de tierras medias han colonizado tierras altas en donde antes estaban ausentes. El cambio más drástico fue observado en los anfibios, en donde se observó la desaparición de 20 especies de 50 entre 1990 y 1994 y con pocos signos de recuperación hoy día. Algunas especies de anfibios experimentaron una reducción en sus actividad y abundancia, mientras que otras desaparecieron incluyendo al sapo dorado (*Ollotis periglenes*) endémico de Monteverde. Estos autores sugieren que los cambios climáticos registrados en este período pueden haber mediado los cambios registrados en distribución y abundancia de las especies a través de varios mecanismos involucrando efectos indirectos.

La declinación en las poblaciones de anfibios también ocurrió en el resto del territorio de Costa Rica (Lips 1998). A partir de la década de los 90's se empezó a prestar atención a esta declinación. Si bien no hay estudios poblacionales que cuantifiquen estos cambios, la percepción de los expertos indica una drástica disminución. Aproximadamente unas 20 especies de ranas y sapos declinaron significativamente durante los 90's. De estas 3 especies han sido declaradas extintas, 7 especies no han sido registradas aún, y para las otras 10 especies se han encontrado recientemente poblaciones relictuales en algunas áreas de su distribución original. Una de las hipótesis para esta declinación ha sido la propagación del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* a tierras altas y frías en donde estaba ausente, favorecido por el calentamiento global (Pounds y Puschendorf 2004; Pounds *et al.* 2006). Este hongo crece en la piel de los anfibios, asfixiándolos al limitar su capacidad de respiración.

1.5. Amenazas para la Biodiversidad

1.5.1. Ecosistemas

Desde la colonización de nuestro país, la deforestación ha sido la principal amenaza para la conservación de nuestros ecosistemas. La producción en gran escala y el aumento poblacional a finales del siglo pasado aceleraron la pérdida de la cobertura forestal para dar paso a grandes extensiones agrícolas y ganaderas. Para 1983, Costa Rica registró una tasa de deforestación de 59 mil hectáreas anuales, y contaba con solo el 26% de su territorio con cobertura forestal (FONAFIFO 2005). Acciones para revertir esta tendencia fueron implementadas de manera tal que hoy día la deforestación ha disminuido significativamente y la cobertura forestal llega al 45% del territorio nacional (Obando 2007). Sin embargo, hay que considerar que nuestros bosques se encuentran fragmentados, inmersos en una matriz de sistemas productivos y centros poblacionales, de manera que la comunicación entre ellos es limitada. La fragmentación afecta los procesos ecológicos integrales entre ecosistemas y el intercambio de genes entre poblaciones, elementos fundamentales para la conservación de la biodiversidad y la persistencia de los bienes y servicios que los humanos obtenemos de ella.

Otra amenaza para los ecosistemas es el desarrollo de infraestructuras para el turismo y urbanizaciones. A pesar de que mucha de ésta se realiza en pastizales, tacotales y áreas de cultivos, el ritmo de construcción es alarmante y descontrolado. Los parches de bosques que aun persisten,

relictos de ecosistemas amenazados y refugios de poblaciones de especies silvestres, están desapareciendo o siendo afectados por las construcciones de hoteles y complejos habitacionales. Por otro lado, las infraestructuras en las costas alteran las condiciones naturales de las playas de anidación de tortugas, manglares y esteros amenazando la conservación de los mismos. Los movimientos de tierras en terrenos elevados para crear terrazas para construcciones y las fuertes lluvias han incrementado los sedimentos a los ríos y manglares poniendo en peligro estos ecosistemas. Muchos ecosistemas marinos también se ven afectados por estos sedimentos, matando en algunos casos corales y algas. En general la integridad ecológica de estos ecosistemas disminuye poniendo en peligro el suministro de agua dulce, sitios naturales de recreo, belleza escénica, amortiguamiento de condiciones climáticas severas y otros que los turistas y la población civil necesitan.

La contaminación es otra amenaza. El exceso de agroquímicos y su sistema de dispersión aérea favorecen que los mismos lleguen a los ecosistemas naturales por el aire o por los ríos. Una vez ahí, estos químicos eliminan algunas poblaciones y amenazan la sobrevivencia de otras provocando el desbalance del ecosistema. La contaminación por desechos sólidos es otro problema para los ecosistemas naturales. La falta de sistemas eficientes de recolecta y de tratamiento de residuos sólidos favorecen a que estos últimos terminen por todo lugar, principalmente en los ríos y mares. Pocas especies acuáticas son capaces de tolerar tales contaminaciones de manera tal que la biodiversidad disminuye. Igualmente contribuyen los desechos fecales y aguas jabonosas que no reciben ningún tratamiento y son descargados en muchas ocasiones en los ríos. La contaminación de los ríos luego tendrá su efecto en los ecosistemas marinos alterando las condiciones físicas y químicas de las aguas.

El cambio climático está amenazando la existencia de los ecosistemas en general. Los cambios en los patrones de precipitación, temperatura y humedad están cambiando las condiciones abióticas de los ecosistemas y los ciclos de vida de las especies amenazando su persistencia en el tiempo. El calentamiento global amenaza fuertemente con la desaparición de los ecosistemas de tierras altas (páramos y bosques nubosos) y de los humedales costeros (manglares y estuarios) por el rápido aumento de la temperatura y del nivel del mar. Esta será una prueba difícil para todos los ecosistemas en general en la que se evaluará su capacidad de respuesta y adaptación (IPCC 2002; Hannah y Lovejoy, 2003; Lovejoy y Hannah, 2005)

1.5.2. **Especies**

Las poblaciones de muchas especies están siendo alteradas por las acciones, directas o indirectas, de los seres humanos y el aumento de su población que demanda más recursos. Algunas de estas especies califican como especies amenazadas producto de las drásticas reducciones de sus poblaciones. De manera general, la deforestación es la principal amenaza para las especies al disminuir la disposición del hábitat normal para sus ciclos de vida. Como producto de los patrones de deforestación, la fragmentación de los bosques ha confinado a muchas especies en bloques aislados o con poca comunicación. Este aislamiento ha reducido la variabilidad genética de las especies al limitar el flujo genético entre poblaciones y al favorecer la deriva génica y la endogamia como producto de la formación de poblaciones pequeñas. Por otro lado, las especies restringidas al bosque que necesitan realizar migraciones locales en búsqueda de alimento, se ven limitadas por la falta de continuidad boscosa. Si bien la deforestación en Costa Rica ha disminuido drásticamente y se han incrementado las tierras en regeneración, los efectos de la fragmentación aun persisten y las especies silvestres grandes prácticamente están confinadas a las áreas silvestres protegidas.

Otra amenaza es el uso insostenible de las poblaciones de las especies silvestres por parte del ser humano. Entre estos usos destacan para los animales silvestres la cacería, la captura para mascotas, la recolecta de huevos de tortuga y la sobrepesca; para las plantas se encuentran la recolecta ilegal para crear plantas ornamentales o para follaje y la extracción de madera. En todos estos casos las poblaciones han disminuido y sus capacidades de reproducción se han visto limitadas. Estos usos insostenibles no han disminuido con los controles establecidos, por el contrario han sido favorecidos por el aumento de la población humana y de la desigualdad socioeconómica.

El turismo, aunque en algunas ocasiones ha favorecido la conservación de bosques y su regeneración, también ha tenido un efecto negativo sobre las especies. Las construcciones de hoteles, complejos habitacionales, canchas de golf, carreteras y otras infraestructuras están acabando con áreas de bosque en regeneración, aumentando la contaminación por desechos y alterando las condiciones en las playas de desove de tortugas entre otros. Es evidente que falta una mayor regulación de los proyectos turísticos para que sean amigables con el ambiente.

La contaminación ambiental, elemento poco controlado, es otro factor afectando a las poblaciones silvestres. En Costa Rica hay un alto consumo de agroquímicos los cuales contaminan los mantos acuíferos, ríos y lagunas en donde ocurren actividades importantes como la reproducción de muchos animales silvestres. Cuando los agroquímicos son aplicados por avionetas en las grandes plantaciones, estos son acarreados por los vientos a áreas silvestres en donde envenenan a las especies.

La llegada de especies exóticas a los ecosistemas naturales se ha convertido en otra amenaza. Algunas de estas especies se vuelven especies invasoras de manera que alteran la dinámica natural de las especies nativas llegando en algunas ocasiones a su extinción. Existen estudios que están evidenciando estos problemas tales como los provocados por peces, malezas y bejucos exóticos en ecosistemas nativos. A estos también hay que agregar la llegada de patógenos en sitios fuera de su distribución y favorecidos por las condiciones alteradas, los cuales pueden llegar a convertirse en plagas que eliminan poblaciones o especies, como es posiblemente el caso de la extinción del sapo dorado (*Ollotis periglenes*) y de otras especies de anfibios por un hongo patógeno.

1.5.3. **Diversidad Genética**

La diversidad genética de las especies se alberga en los individuos de sus poblaciones. Poblaciones grandes y con posibilidades de entrecruzarse con otras poblaciones favorecen la permanencia de la diversidad genética elemento fundamental para la adaptación de las especies. Desde este punto de vista, la diversidad genética se ve perjudicada por las mismas amenazas para las poblaciones de las especies silvestres. La pérdida de hábitat natural, la deforestación, los incendios, los cambios de uso del suelo, el desarrollo de infraestructuras, la sobreexplotación, la contaminación y las especies invasoras han disminuido las poblaciones de manera tal que han afectado la diversidad genética.

Para las especies silvestres emparentadas con especies domesticadas hay que agregar amenazas recientes como la agricultura de globalización. Esta promueve los cultivos de unas pocas variedades en grandes extensiones eliminando por competencia de mercado a los pequeños cultivos locales. Estos últimos tienden a usar mayor variedad de especies cultivadas y por lo tanto promueven su conservación, además de favorecer la creación natural de nuevas variedades. La agricultura global terminará con las variedades locales y por lo tanto con la base genética prima para la creación de nuevos híbridos y variedades comestibles adaptadas a las necesidades del futuro. Una situación similar a la descrita para la agricultura se podría presentar para especies de plantas de importancia local como fuentes de medicinas, tintes y maderas si la globalización impone el comercio de solo unas cuantas de estas.

2. Línea base

2.1. Contexto

El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. El período habitual promedio es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Las magnitudes son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento).

En un sentido más amplio, el clima es el estado del sistema climático en términos tanto clásicos como estadísticos (IPCC 2007). Se entiende por sistema climático un sistema muy complejo que consta de cinco componentes principales (atmósfera, hidrosfera, criosfera, superficie terrestre y biosfera) y de las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares, y de forzamientos antropogénicos, como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de uso de la tierra (IPCC 2007).

El cambio climático se refiere a la variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos (por ej., erupciones volcánicas y variaciones solares) o a cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso de la tierra. La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales (IPCC 2007).

El concepto de variabilidad climática hace referencia a las variaciones del estado medio y a otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos individuales. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropogénico (variabilidad externa) (IPCC 2007).

El clima del planeta Tierra está cambiando, por ejemplo la tendencia al incremento de la temperatura en los últimos cien años, el incremento de la nubosidad (especialmente por la noche), la menor frecuencia de precipitaciones, pero con eventos lluviosos cada vez más intensos (Kart *et al.*; Easterling *et al.*; Groisman *et al.* citados por Parmesan 2003).

Los eventos meteorológicos extremos (lluvias intensas, inundaciones, sequías, olas de calor, etc) son fenómenos raros en determinado lugar y época del año. Las definiciones sobre lo que se considera raro pueden variar, pero un fenómeno meteorológico extremo puede ser normalmente tan raro o más raro que el percentil 10 o 90 de la función de densidad de probabilidad observada. Por definición, las características de un fenómeno meteorológico extremo varían según los lugares. Si el efecto del evento meteorológico extremo persiste en el tiempo, puede clasificarse como "evento climático extremo" (una sequía estacional por ejemplo). A pesar que la definición del IPCC enmarca lo extremo como fenómenos "poco frecuentes", actualmente los eventos meteorológicos o climáticos extremos están referidos no tanto a su probabilidad de ocurrencia, como a la magnitud de su presencia y los impactos causados (IMN 2009, IPCC 2007).

2.2. Regiones Climáticas de Costa Rica¹

El país se caracteriza por tener dos grandes regímenes de precipitación: Pacífico y Caribe. Esta clasificación -que es producto de la orientación noroeste-sureste del sistema montañoso del país, los vientos Alisios y la influencia del océano Pacífico y mar Caribe- permite diferenciar tres grandes regiones climáticas y dentro de ellas, seis zonas diferentes de menor escala:

- Región Tropical del Pacífico
 - o Región Pacífico Norte. Se localiza en el noroeste del país. Comprende la provincia de Guanacaste y los cantones de Esparza y Montes de Oro de la provincia de Puntarenas; y los cantones de Orotina y San Mateo de la provincia de Alajuela.
 - o Región Pacífico Central. Situada en la parte central de la Vertiente del Pacífico de Costa Rica, se extiende desde Playa Herradura o Jaco, hasta Dominical, siguiendo por los Cerros de Herradura, Cerro Turrubares, Cerro Cangreja, y las partes bajas (pie de monte) de la Fila Costeña. Comprende el poblado de Tinamaste, todo el Valle de Parrita, Quepos y Manuel Antonio.
 - o Región Pacífico Sur. Ubicada al sureste del Pacífico Central. Se extiende desde Punta Uvita hasta San Isidro del General, siguiendo las estribaciones de la Cordillera de Talamanca del lado del Pacífico, y desde el Cerro Darí hasta Cerro Echandi. Incluye el límite fronterizo con Panamá y hasta Punta Burica. Comprende todo el Valle del General, la Península de Osa, el Valle de Coto Colorado, el Valle de Coto Brus y Golfito. Predomina una topografía irregular, formada por montañas, filas y serranías, áreas de pie de monte, valles, llanuras, y cuencas hidrográficas.

- Región Central Intermontana
 - o Región Central. Se encuentra en el centro del país. Esta formada por dos valles: el occidental y el oriental, separados por los cerros de Ochomogo. Es una región lectovolcánica que se encuentra limitada al norte por la Cordillera Volcánica Central, al sur por los Cerros de Escazú, Tablazo, Cedral y la Fila Candelaria, al oeste los Montes del Aguacate y al este por las estribaciones de la Cordillera de Talamanca. Comprende los núcleos urbanos más grandes de las provincias de San José, Heredia, Alajuela y Cartago.

- Región Tropical Húmeda del Caribe
 - o Región Zona Norte. Se localiza al norte del país, haciendo frontera con Nicaragua y el río San Juan. Al sur limita con la Cordillera Volcánica Central, al oeste con la Cordillera de Guanacaste y la Cordillera de Tilarán. El Río Chirripó forma el límite convencional este entre la Zona Norte y la Región Caribe.
 - o Región Caribe. Se sitúa en el este y noreste del país, extendiéndose por toda la costa caribeña, desde Barra del Colorado hasta el río Sixaola. Hacia el sur está limitada por la Cordillera de Talamanca, y al oeste la limita el río Chirripó. Comprende toda la provincia de Limón y la parte oriental de la provincia de Cartago (de Turrialba hacia el este).

2.3. Línea base período 1961-1990 para Costa Rica

Para este estudio se utilizaron los datos facilitados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Las variables utilizadas fueron: precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima. En el caso de la línea base se utilizó el período 1961-1990, período que corresponde con las llamadas “Normales Climatológicas Reglamentarias”, que son medias de los datos climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 años, a partir del 01 de enero de 1901. El análisis de la variabilidad climática de estos períodos base permite detectar tendencias, fases de oscilación de largo período e incluso

¹ Este apartado es un extracto del documento “Clima, Variabilidad climática y Cambio Climático en Costa Rica” (IMN 2009).

cambios climáticos que se estén sucediendo (IMN 2009). Las figuras 1, 2 y 3 presentan respectivamente: la precipitación anual, la temperatura mínima y la temperatura máxima para el período línea base 1961-1990. Las Regiones Climáticas de Costa Rica presentan las siguientes características (IMN 2009):

- Región Tropical del Pacífico

- Región Pacífico Norte. Es la región más caliente y menos lluviosa del país. En general, presenta promedios de lluvia anual entre 1.500 y 2.500 mm, con grupos climáticos (según clasificación de Holdridge) que van desde el templado (mesotermal) hasta climas de tipo tropical seco modificados por factores geográficos. Presenta un clima tropical seco (según clasificación de Koppen), con dos estaciones bien definidas: la temporada seca y la temporada lluviosa. El periodo seco -con total ausencia o muy pocas precipitaciones- se extiende de mediados de noviembre hasta mediados de abril. Abril y noviembre son meses de transición de una temporada a la otra. A mediados o finales de mayo se inicia la temporada lluviosa, dentro de la cual se reconocen dos períodos lluviosos y uno menos lluvioso: el primer período lluvioso se registra entre mayo y junio; entre el 15 de julio y el 15 de agosto se registran los “veranillos” o “canículas”, es decir, un período donde las lluvias disminuyen sustancialmente, producto del aumento en la frecuencia e intensidad de los vientos alisios. Entre setiembre y octubre se produce el segundo período lluvioso, que es cuando se acumula la mayor cantidad de lluvia del año (46% del total anual), y en gran parte es debido a los “temporales” asociados a los huracanes que circulan por el mar Caribe.

La mayor precipitación se presenta en la zona montañosa de la Cordillera de Guanacaste y de Tilarán con valores anuales cercanos a los 2.200 mm y temperaturas que oscilan entre los 25°C durante el día y 17°C durante la noche. La región central correspondiente a la depresión del Tempisque, la zona más seca con precipitaciones anuales promedio de 1.700 mm y temperaturas entre los 32°C durante el día y 22°C durante la noche. La precipitación anual en la zona peninsular es cercana a los 1.900 mm, con montos mayores en la zona cercana a los Cerros de Nicoya y el extremo sur y sureste de la Península de Nicoya. Las temperaturas máximas durante el día pueden promediar los 33°C, mientras durante la noche la temperatura puede ser de 22°C. Diferentes fenómenos de variabilidad desvían el comportamiento normal de la precipitación hacia escenarios secos o lluviosos.

- Región Pacífico Central. Está formada por una zona de valle cercana a la costa y una zona montañosa (cerros Herradura, Turrubares, Cangreja y fila costeña). Debido a la compleja orografía de esta región, se pueden encontrar hasta 4 climas distintos. La precipitación promedio de la zona de valle es de 3.500 mm anuales, mientras que en la zona montañosa varía desde los 2000 mm (San Marcos de Tarrazú, San Ignacio de Costa, Puriscal) hasta los 6700 mm (parte alta de la cuenca del río naranjillo). El régimen de precipitación del Pacífico está modificado por la posición geográfica (al sureste) y la protección de la cadena montañosa de la Fila Brunqueña. En promedio es clima es tropical con una estación seca corta y moderada, y un período lluvioso muy severo y largo, con una marcada influencia de clima húmedo hacia el sur. La temperatura máxima promedio es de 31°C y la mínima promedio es de 22,7°C. El período seco va de enero a marzo y abril es un mes de transición; a finales de abril se establecen las lluvias. El primer período lluvioso se da entre mayo y agosto, el segundo entre setiembre y noviembre. Diciembre es un mes de transición. Los fenómenos de variabilidad que desvían el comportamiento normal de lluvia y temperatura, se asocian principalmente con las fases de ENOS (El Niño-Oscilación del Sur).
- Región Pacífico Sur. Debido a la compleja orografía que posee, presenta climas muy variados, desde el lluvioso templado (alta Talamanca) hasta el clima ecuatorial (cálido

con lluvias todo el año, Golfito). Junto con el Caribe Norte, el Pacífico Sur es la región más lluviosa del país. La precipitación promedio de la región es cercana a los 3.700 mm anuales, con una temperatura máxima de 27,9°C y una mínima de 20,5°C. La precipitación anual es mayor al sur de esta región (4000-6000 mm en Golfito y Ciudad Neily), es menor en las cumbres de la cordillera de Talamanca (2500-3000 mm) y el valle del General, con un máximo intermedio al pie de monte (3000-4000 mm). Los variados accidentes geográficos generan un régimen de lluvias contrastado con relación al resto de las regiones de la vertiente Pacífica. Esta heterogeneidad se percibe en un clima en donde el período seco es muy corto, y el lluvioso es largo e intenso. El periodo seco se extiende de enero a marzo, excepto en el valle del General, que va de enero a mediados de abril, cuando inician las lluvias. El primer período lluvioso se da entre abril y agosto, aunque con una leve disminución en julio. Al igual que en el resto del Pacífico, el segundo periodo lluvioso es el más intenso del año, comienza en setiembre y finaliza en diciembre, no obstante los lugares con clima ecuatorial (como Golfito) manifiestan lluvias todo el año. Diferentes fenómenos de variabilidad como el ENOS, pueden desviar el comportamiento normal de lluvia y temperatura.

- Región Central Intermontana

- o Región Central. La precipitación varía entre 1700 mm y 2300 mm, siendo más lluvioso la parte occidental del Valle que en la oriental, sin embargo ésta última presenta más días con lluvia y mayor precipitación entre diciembre y febrero. De hecho, es en promedio la segunda región más seca del país, no obstante, paradójicamente, a muy pocos kilómetros de allí y en la misma provincia (Cartago), pero perteneciente a la región de lluvia del Caribe, se encuentra el punto más lluvioso del país, en la parte alta de río Grande de Orosi (Cartago), donde precipitan al año 7500 mm. A pesar que los dos valles están orientados hacia el oeste de la divisoria de aguas (vertiente Pacífica), ambos valles presentan depresiones o pasos que permiten la influencia directa del Caribe en la zona montañosa y pie de monte. En el Valle Occidental, el paso del Desengaño, entre el volcán Poás y Barva, permite el paso del viento Alisio canalizado principalmente por la depresión del río Sarapiquí. El paso de la Palma, entre el volcán Barva y el Irazú, permite la influencia directa del Alisio sobre las zonas montañosas del Valle Occidental, que se canaliza por medio de la depresión del río Chirripó.

La posición del Valle Oriental, más cercano al litoral Caribe, junto con la depresión del río Reventazón (entre los volcanes Irazú y Turrialba), permiten una mayor influencia de los vientos Alisios y los frentes fríos que afectan a fin y principio de año. El Valle Occidental es más bajo, cálido y lluvioso sobre todo entre setiembre y noviembre, con mayor influencia del Pacífico. El Valle Oriental es más alto, frío y de menor precipitación, con una mayor influencia del Caribe durante los meses de final y principio de año. El comportamiento promedio de precipitación se puede desviar a diferentes escenarios, producto de fenómenos atmosféricos particulares. La mayor diferencia entre los valles (además de sus diferentes magnitudes), se encuentra en los meses de noviembre, pero sobre todo diciembre durante escenarios lluviosos. Bajo condiciones lluviosas extremas, el mes de diciembre puede convertirse en el más lluvioso del año en el Valle Oriental. Esta característica puede estar asociada al efecto que tienen los frentes fríos sobre el Caribe y su influencia directa en este valle de la región Central. Por otra parte, en el Valle Occidental bajo escenarios secos extremos (como los asociados al fenómeno El Niño), el veranillo puede extenderse desde julio hasta setiembre.

- Región Tropical Húmeda del Caribe

- o Región Zona Norte. Presenta dos tipos de clima: el monzónico (con una corta estación seca) y el ecuatorial (llueve todo el año). Es la tercera región más lluviosa del país con más de 3.200 mm anuales, superada solo por el Pacífico Sur y el Caribe

Norte. Debido a su clima monzónico y ecuatorial, en algunas zonas llueve todo el año, y en otras apenas hay 2 meses de estación seca (febrero y marzo). La región más lluviosa es la ubicada al sur del volcán Arenal (6000 mm) y la más seca en el sector fronterizo, al sur del lago de Nicaragua (2000 mm). Durante los meses de fin y principio de año, el aporte de los frentes fríos es muy importante para sostener las actividades agropecuarias de la zona. De hecho, durante años lluviosos, los frentes fríos son los eventos que más aportan al total de lluvia anual. Se estima que cada frente frío puede contribuir con un 6% del total anual (195 mm de lluvia). Bajo la influencia de algunos fenómenos de variabilidad, es posible que los frentes fríos que afectan el sur de Centroamérica no sean tan frecuentes o bien no aporten cantidades importantes de lluvia. Cuando esta condición predomina, es posible que se presenten sequías estacionales, principalmente entre diciembre y enero. Desde noviembre y hasta febrero, se presentan las mayores amplitudes de precipitación (diferencia entre escenarios secos y lluviosos).

- Región Caribe. Presenta un clima ecuatorial (o tropical lluvioso). En atención a la diferenciación climática entre el sector norte y sur de esta región, se observa que la precipitación media anual varía desde los 2800 mm en el Caribe Sur, hasta los 3700 mm en el Caribe Norte, igualando en magnitud a la del Pacífico Sur. Debido a su clima ecuatorial, no presenta una estación seca como en el Pacífico, sino que llueve todo el año, no obstante hay un par de meses donde disminuye ligeramente. Las precipitaciones más altas se producen en la parte alta del río Pejibaye y las estribaciones orientales del volcán Barva (ambas del orden de los 7500 mm al año).

Las precipitaciones más bajas se producen en el Caribe Sur, en los valles de los ríos La Estrella y Sixaola (2500 mm anuales). Tanto para el Caribe Norte como para el Caribe Sur, se presentan dos períodos lluviosos interrumpidos por mínimos relativos. El primer mínimo se da entre setiembre y octubre. A partir de noviembre se inicia un período más lluvioso que finaliza en febrero. Durante este período el mayor aporte a la precipitación lo dan los frentes fríos que bajan del Polo Norte y que se asocian con el primer máximo de lluvias entre diciembre y enero. En este período precipita el 40% del total anual de lluvias tanto en el Norte como en el Sur. Entre febrero y marzo se presenta el segundo mínimo relativo. Un nuevo período lluvioso se inicia en abril y finaliza en agosto. Principalmente entre julio y agosto, el viento Alisio se intensifica provocando que en julio se presente el segundo máximo de lluvias. El aporte porcentual de este período es del 46% en ambas subregiones. Los meses de mayor amplitud de lluvias son los de final y principio de año. Esta amplitud obedece al aporte extraordinario de eventos lluviosos extremos asociados con frentes fríos sobre todo en diciembre. Otros eventos lluviosos pueden variar las condiciones de abril y julio principalmente. Las temperaturas en el Caribe Norte son ligeramente mayores que las del Caribe Sur. Las temperaturas elevadas de setiembre coinciden con un mínimo relativo de precipitación, mientras que las altas temperaturas de mayo y junio no se asocian con períodos menos lluviosos, pero sí con una disminución del viento Alisio.

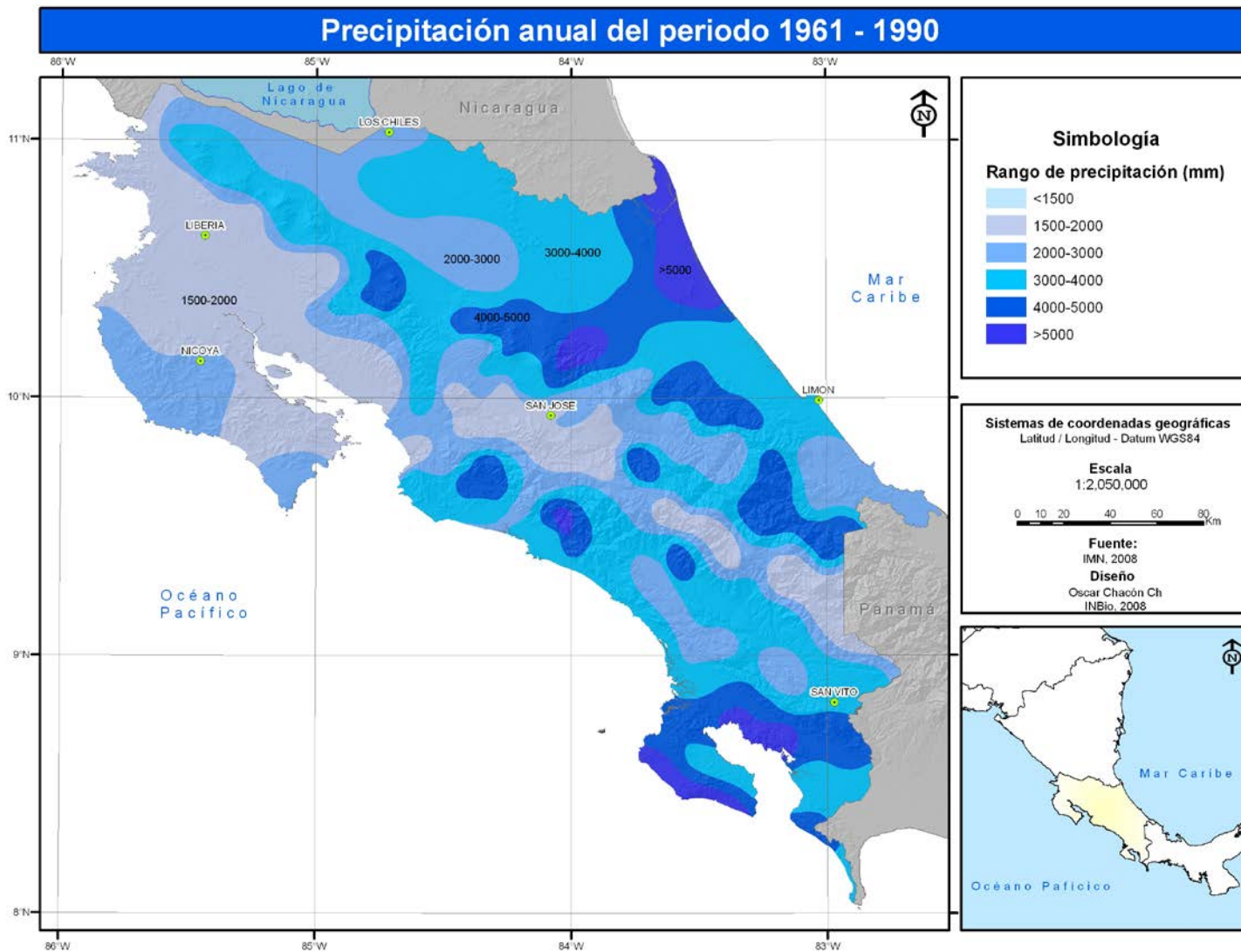


Figura 1. Isoyetas de la precipitación (mm) anual promedio. Período línea base 1961-1990.

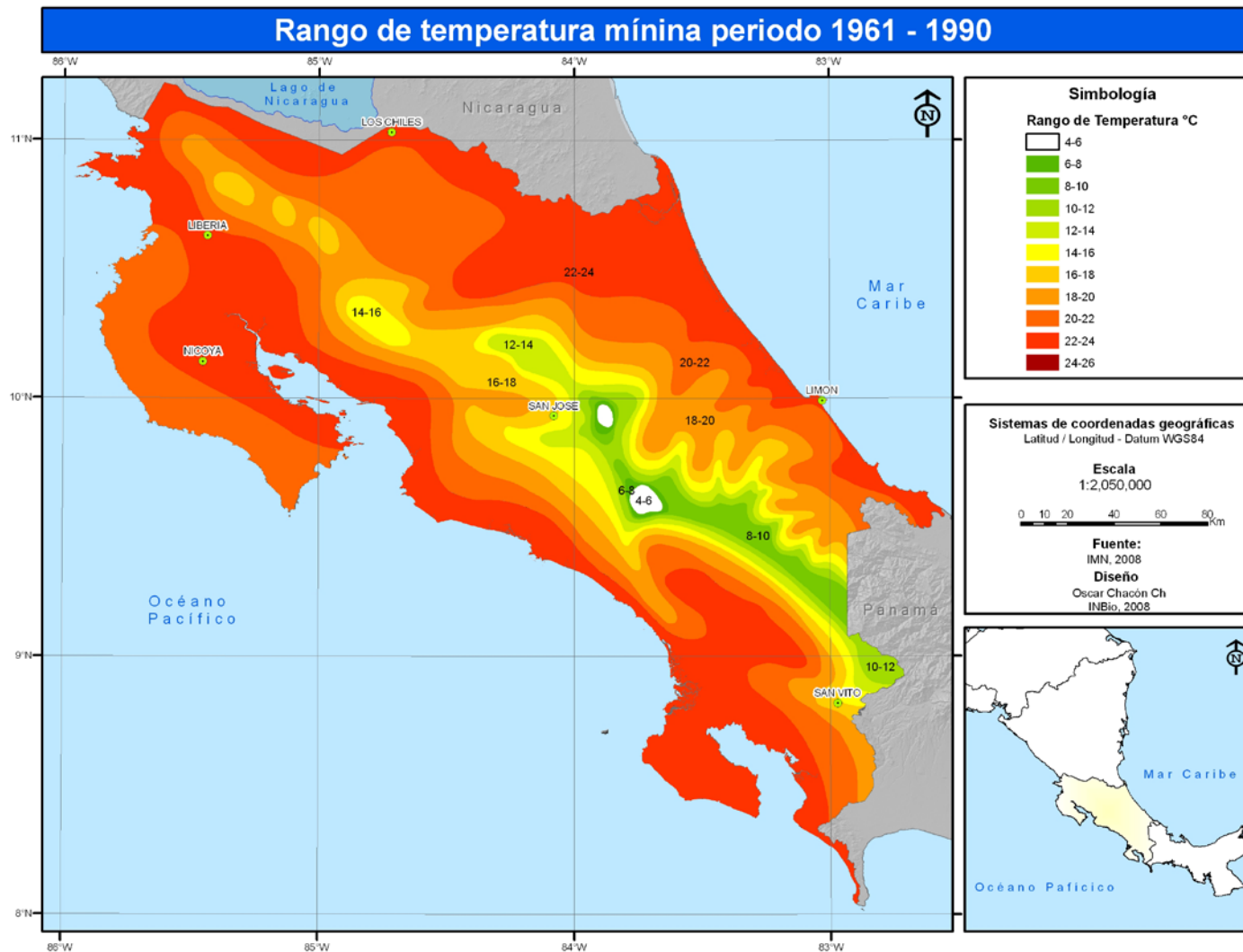


Figura 2. Isothermas de la temperatura (°C) mínima promedio. Período línea base 1961-1990.

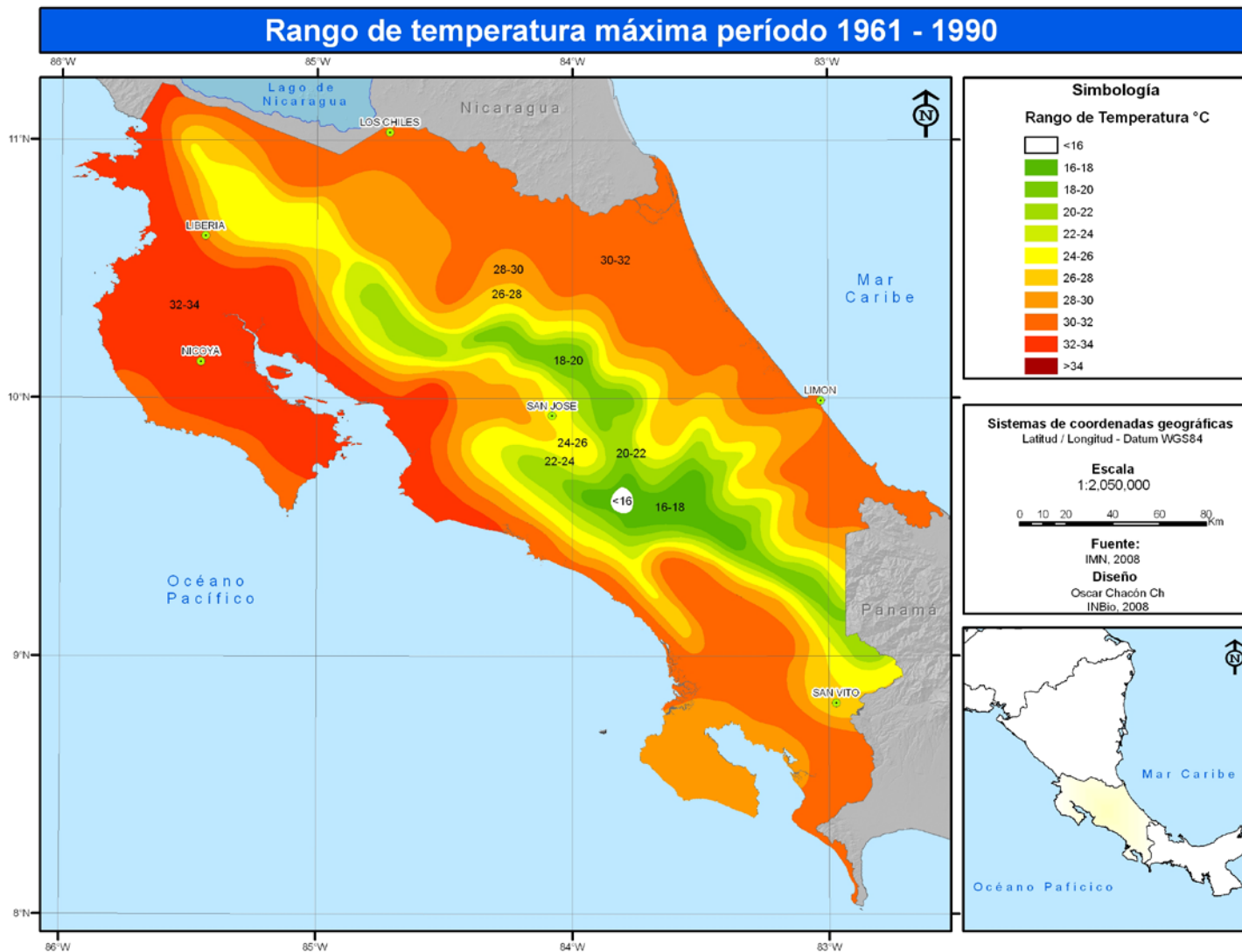


Figura 3. Isothermas de la temperatura (°C) máxima promedio. Período línea base 1961-1990.

2.4. Escenario climático 2030 para Costa Rica

La estimación de los escenarios climáticos al año 2030 se realizó con un modelo inglés de alta resolución espacial y temporal llamado Precis. Este modelo fue corrido con el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero A2 al 2030. Se utilizó este escenario de emisiones por la disponibilidad de datos de frontera para forzar al modelo Precis, por convenios regionales con fines comparativos y porque es representativo de un escenario alto en emisiones.

La línea evolutiva y familia de escenarios A2 describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales (IPCC, 2007). El índice de natalidad en el conjunto de las regiones converge muy lentamente, con lo que se obtiene una población en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas. La Figura 4 muestra la variación temporal (entre los años 2000 y el 2100) de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero según los diferentes escenarios, incluido el A2, el cual manifiesta –junto con el escenario A1F1- las emisiones más altas.

Las figuras 5, 6 y 7 presentan, respectivamente, la precipitación anual, la temperatura mínima y la temperatura máxima para este escenario en el periodo de la línea base (961-1990). Debido a que el escenario de gases A2 es uno de altas emisiones, las variaciones climáticas resultantes deben de ser consideradas también como las más altas de un rango de posibles escenarios.

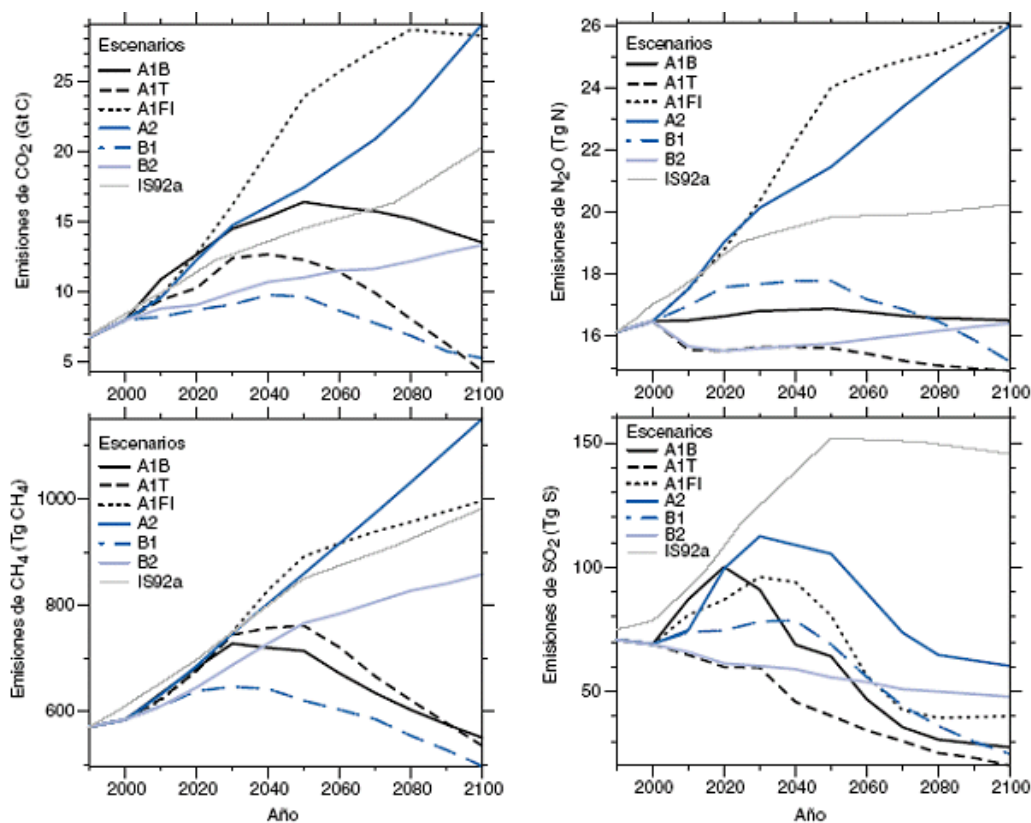


Figura 4. Emisiones antropogénicas de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nítrico (N_2O) y dióxido de azufre (SO_2) en los seis escenarios ilustrativos del Informe Especial del IPCC sobre Escenarios de Emisiones (IE-EE): A1B, A2, B1 y B2, A1FI y A1T [Nabichenovic & Swart 2000]. También se muestra, con fines de comparación, el escenario IS92a.

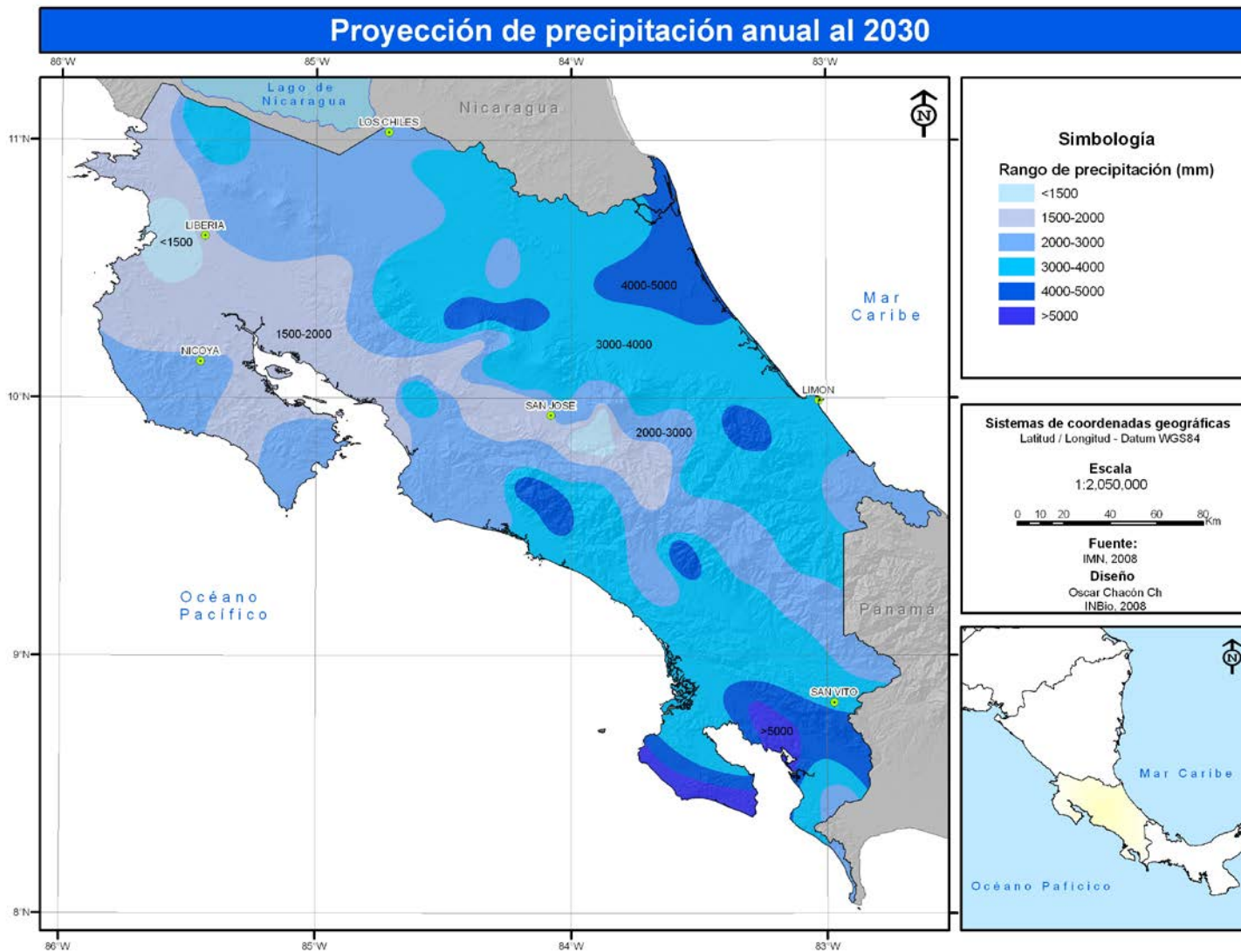


Figura 5. Isoyetas de la precipitación (mm) anual promedio. Año 2030, escenario de emisiones A2.

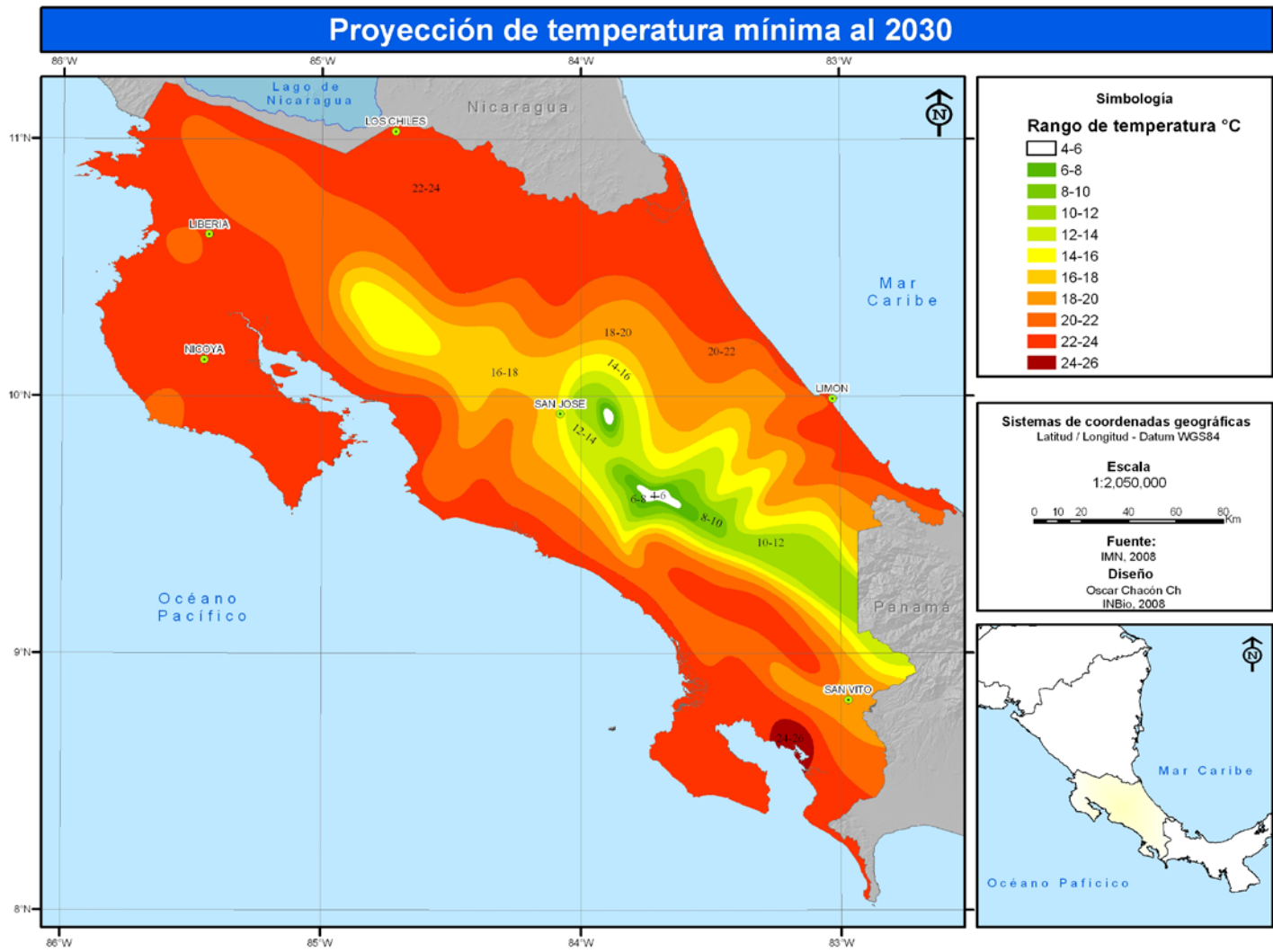


Figura 6. Isotermas de la temperatura (°C) mínima promedio. Año 2030, escenario de emisiones A2.

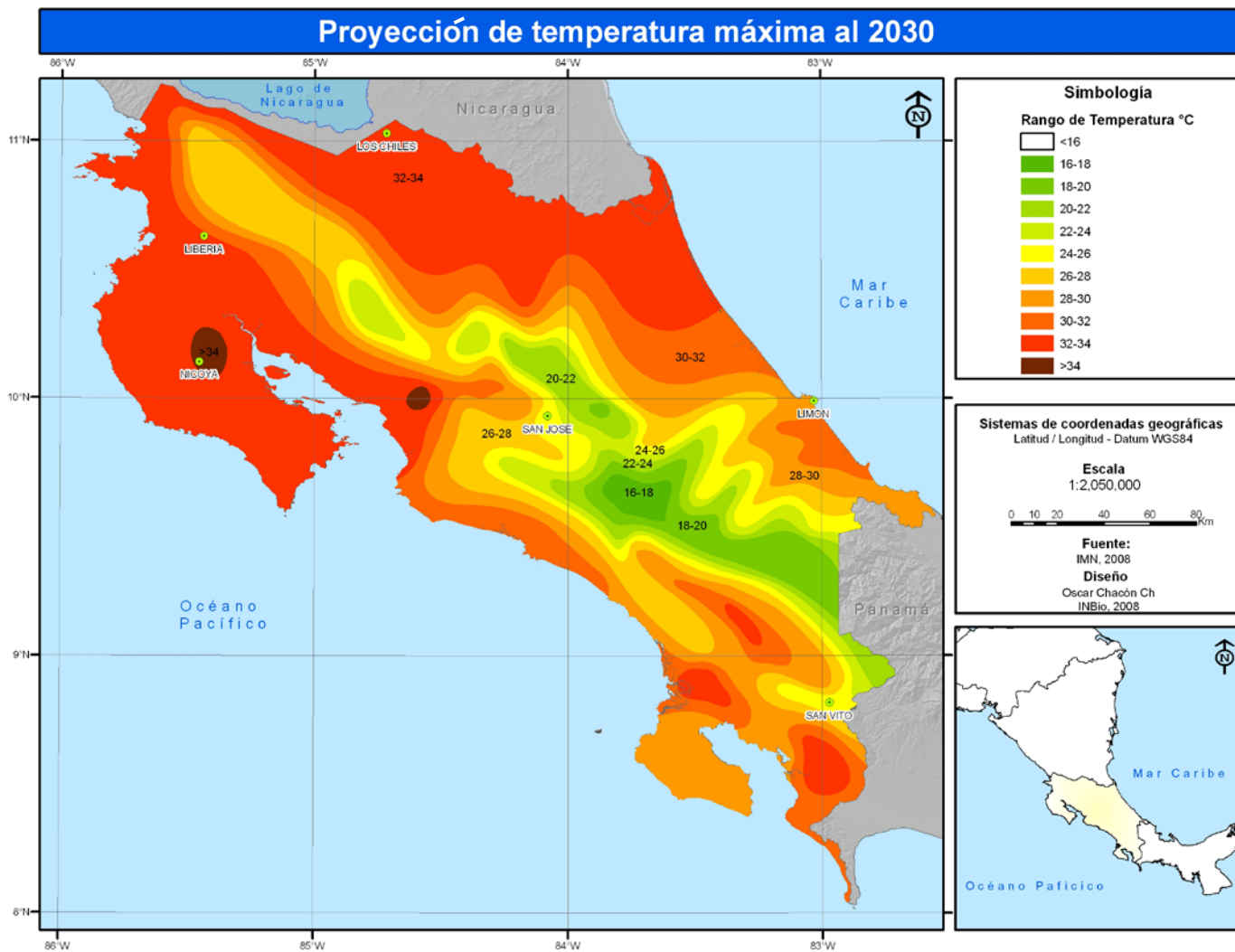


Figura 7. Isotermas de la temperatura (°C) máxima promedio. Año 2030, escenario de emisiones A2.

Los cambios en la precipitación anual entre el período línea base 1961-1990 y el 2030 se presentan en el 42% del área del país (Cuadro 5). De manera general se observa que las precipitaciones permanecerán igual en el 58% del país, disminuirán en 26% y aumentarán en el 15%. Por ejemplo en el Pacífico Norte y Zona Norte disminuirán; por el contrario, se producirá un aumento en algunas zonas del Pacífico Sur, tal como en el valle del General y la cordillera de Talamanca. Algunas partes con precipitaciones anuales superiores a los 4.000 mm disminuirán a menos de ese valor (por ejemplo en la parte alta del río Sucio, en la cuenca del Arenal y en el lado Caribe de la cordillera de Talamanca) y en otras el área se reducirá. Particularmente las áreas con precipitación anual mayor a los 5.000 mm quedarán confinadas en el año 2030 a la región de Golfito y a la costa Pacífica de la Península de Osa. Por otro lado, las áreas con precipitaciones entre los 1.000–2.000 mm no sufrirán un aumento significativo, excepto sobre la cordillera de Talamanca donde las nuevas isoyetas (líneas imaginarias que unen puntos con igual cantidad de lluvia) aumentarán al rango de 2.000 mm y 3.000 mm, precisamente las áreas con estos rangos de precipitaciones aumentarán en extensión al norte debido a la desaparición de isoyetas de un rango mayor (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cambios en cantidad de área (ha) del país según rango de isoyetas de la precipitación anual (mm) entre los períodos línea base (1961-1990) y futuro (2030).

Rango de la Precipitación Anual (mm)	Área (km ²)		Porcentaje (%)	
	Línea base (1961-1990)	Futuro (2030)	Línea base (1961-1990)	Futuro (2030)
<1.500	0,00	956,57	0,00	1,88
1.500-2.000	11.035,08	9.263,64	21,64	18,16
2.000-3.000	13.234,64	15.793,48	25,95	30,97
3.000-4.000	17.408,65	19.650,33	34,13	38,53
4.000-5.000	7.309,27	4.569,51	14,33	8,96
>5.000	2.012,01	766,68	3,95	1,50

Para la temperatura, los cambios entre los períodos analizados son variados. Con respecto a la temperatura mínima, permanecerá igual en el 56% del área del país, disminuirá en el 16% y aumentará en el 28%. El aumento en el 2030 se dará en la costa pacífica de la Península de Nicoya, Cordillera de Guanacaste, macizos del Poás-Barva e Irazú-Turrialba, estribaciones al noroeste, centroeste y al suroeste de la Cordillera de Talamanca, Valle del Coto Colorado, al sur de Limón, y en la Zona Norte. Su disminución ocurrirá en la Cordillera de Tilarán, vertiente Pacífica de la Cordillera de Talamanca, Caribe Sur y Central, y en otras áreas. El cambio más notorio será la disminución en área de las isotermas 8-10^oC, 16-18^oC, 18-20^oC y de 20-22^oC, mientras que aumentarán las isotermas de 6-8^oC y 22-24^oC (Cuadro 6).

Cuadro 6. Cambios en cantidad de área (ha) del país según rangos de isotermas de temperatura mínima anual (°C) entre los períodos línea base (1961-1990) y futuro (2030).

Rango de la Temperatura Mínima Anual (°C)	Área (km ²)		Porcentaje (%)	
	Línea base (1961-1990)	Futuro (2030)	Línea base (1961-1990)	Futuro (2030)
4-6	177,35	102,81	0,35	0,20
6-8	144,46	240,70	0,28	0,47
8-10	1.035,62	44,78	2,03	0,88
10-12	1.211,23	1.660,40	2,38	3,26
12-14	1.719,49	1.808,66	3,37	3,54

Continuación Cuadro 6				
Rango de la Temperatura Mínima Anual (°C)	Área (km²)		Porcentaje (%)	
	Línea base (1961-1990)	Futuro (2030)	Línea base (1961-1990)	Futuro (2030)
14-16	2.467,07	2.510,89	4,84	4,92
16-18	4.379,02	3.862,99	8,59	7,57
18-20	7.257,10	6.171,38	14,23	12,10
20-22	14.084,10	1.1390,97	27,62	22,34
22-24	18.524,30	22.586,95	36,32	44,29
24-26	0,00	217,15	0,00	0,43

La temperatura máxima permanecerá igual en el 34% del área del país, disminuirá en el 23% y aumentará en el 43%. El aumento en el 2030 se estará dando en diferentes partes del país como por ejemplo en la Zona Norte, Caribe Norte, cordilleras de Guanacaste, Tilarán y Volcánica Central, así como al noroeste, centroeste y suroeste de la Cordillera de Talamanca, valles del Diquis y de Coto Colorado, y en la costa pacífica de la Península de Nicoya. Por otro lado, la temperatura máxima disminuirá en las tierras bajas de Guanacaste, Pacífico Central, filas Costeña y Cruces, en el sureste de la Cordillera de Talamanca, Caribe Sur y Central. El cambio más notorio será la disminución en área de las isothermas 20-22°C, 24-26°C y de 30-32°C, mientras que aumentará la isoterma de 26-28°C (Cuadro 7). Es muy evidente en el cuadro 7 que la manifestación más clara del calentamiento global en las proyecciones para el país, es la desaparición en el 2030 de zonas con temperaturas menores a 16°C (por ejemplo en los alrededores del volcán Irazú y el cerro Chirripó), y por el contrario la aparición de áreas con temperaturas mayores a 34°C (Nicoya).

Cuadro 7. Cambios en cantidad de área (ha) del país según isothermas de temperatura máxima anual (°C) entre los períodos línea base (1961-1990) y futuro (2030).

Rango de la Temperatura Máxima Anual (°C)	Área (Ha)		Porcentaje (%)	
	Línea base (1961-1990)	Futuro (2030)	Línea base (1961-1990)	Futuro (2030)
<16	8.238,83	0,00	0,16	0,00
16-18	93.390,21	41.282,29	1,83	0,81
18-20	171.693,70	182.576,66	3,37	3,58
20-22	263.660,78	215.148,03	5,17	4,22
22-24	250.282,14	253.598,08	4,91	4,97
24-26	475.510,78	338.642,61	9,32	6,64
26-28	495.320,92	658.766,40	9,71	12,92
28-30	863.872,83	864.200,07	16,94	16,95
30-32	1.646.479,00	801.328,59	32,28	15,71
32-34	831.572,53	1.709.753,24	16,31	33,52
>34	0,00	34.562,55	0,00	0,68

2.5. Vulnerabilidad e Impactos

El IPCC define vulnerabilidad como el grado al cual un sistema es susceptible, o incapaz de hacerle frente, a los efectos adversos del cambio climático, que incluyen la variabilidad y los extremos climáticos. La vulnerabilidad es una función del carácter, la magnitud y rapidez de la variación del clima a la cual está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación (IPCC 2007). También puede considerarse como la exposición subyacente a impactos, disturbios o presiones dañinas, en vez de la probabilidad o incidencia proyectada de esos mismos impactos (PNUD 2005).

El riesgo, relacionado con el clima, es el resultado de la interacción de amenazas definidas físicamente con las propiedades de los sistemas expuestos: es decir, su sensibilidad o vulnerabilidad. El riesgo también puede considerarse como la combinación de un evento, su probabilidad y sus consecuencias: es decir, el riesgo es igual a la probabilidad de amenazas climáticas multiplicada por la vulnerabilidad de un sistema dado (IPCC 2007).

La sensibilidad, relacionada con el clima, es el grado al cual un sistema se ve afectado, ya sea positiva o negativamente, por estímulos relacionados con el clima (IPCC 2001). La sensibilidad afecta a la magnitud o a la tasa de cambio de una perturbación o presión relacionadas con el clima (mientras que la vulnerabilidad es el grado al cual un sistema es susceptible a daños causados por la perturbación o presión).

Se espera que el cambio climático afecte directamente a organismos individuales, a poblaciones, a la distribución de especies, y al funcionamiento de los ecosistemas (por ejemplo debido a un aumento de las temperaturas y cambios en las precipitaciones y, en el caso de ecosistemas marinos y costeros, se esperan cambios en el nivel del mar y fuertes tormentas repentinas) e indirectamente (por ejemplo mediante el impacto de los cambios climáticos en la intensidad y la frecuencia de fenómenos tales como los fuegos arrasadores) (IPCC 2002).

La pérdida, modificación y fragmentación del hábitat, y la introducción y extensión de especies no autóctonas van a afectar los impactos producidos por el cambio climático. Una proyección realista del estado futuro de los ecosistemas terrestres debe tener en cuenta también las pautas de uso de los suelos y del agua, las que van a afectar en gran medida a la capacidad de los organismos para responder a los cambios climáticos mediante la migración (IPCC 2002).

Los eventos extremos del clima afectan muchos de los aspectos de las poblaciones naturales, comunidades, y ecosistemas, desde el comportamiento, fisiología reproductiva hasta la dinámica (Parmesan 2003).

En el caso de un cambio en el medio ambiente local, tal como el cambio climático sistemático, las especies silvestres tienen tres posibles respuestas (Parmesan 2003):

1. Moverse a un nuevo lugar, para dejar atrás los cambios en el medio ambiente (ya sea por un cambio en todo su rango o a través de cambios en el tiempo, o el destino de las migraciones).
2. Mantenerse en el mismo lugar, pero cambiando, para ajustarse con el nuevo medio ambiente (esto mediante respuestas genéticas o plásticas).
3. Sufrir la extinción local.

La literatura reportando los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad biológica es amplia tanto a nivel mundial, regional como local (Hannah *et al.* 2002; IPCC, 2002; Peterson *et al.* 2002; Araújo *et al.* 2004; Lovejoy y Hannah 2005; Araújo *et al.* 2006; Harley *et al.* 2006; Li *et al.* 2006; Malcolm *et al.* 2006; Parmesan 2006; Skelly *et al.* 2007; Wilson *et al.* 2007; Bates *et al.* 2008).

El IV Informe del IPCC (Reporte del Grupo de Trabajo II "Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad (2007)" hace las siguientes observaciones:

- Los sistemas físicos y biológicos en todos los continentes y en la mayoría de los océanos ya están siendo afectados por los cambios recientes en el clima, particularmente por aumentos regionales de la temperatura (confianza muy alta).
- El cambio climático está afectando fuertemente muchos aspectos de los sistemas relacionados con la nieve, el hielo y el suelo congelado (incluyendo el "permafrost"); nueva evidencias muestran cambios en los sistemas hidrológicos, los recursos hídricos, las zonas costeras y los océanos (confianza alta).
- Evidencia de una gama más amplia de especies y comunidades en los ecosistemas terrestres y nueva evidencia sustancial de sistemas marinos y de agua dulce muestran que el calentamiento reciente está afectando fuertemente los sistemas biológicos naturales (confianza muy alta).

Magrin *et al.* (2007) indican con respecto a América Latina:

- Los cambios en el uso de la tierra han dado lugar a la fragmentación de los hábitat y la pérdida de biodiversidad.
- El cambio climático aumentará la tasa de extinción, que se documenta en la Lista Roja de Especies Amenazadas.
- La mayoría de las eco-regiones en peligro de extinción se encuentran en el norte y valles y mesetas medios de los Andes, los Andes tropicales, en las zonas de bosques nublados (por ejemplo, en América Central), en las sabanas, el Cerrado y otros bosques secos situados en el sur de la Cuenca Amazónica.
- Entre las especies que desaparecen están el sapo dorado (*Ollotis* (= *Bufo*) *periglenes*) y la rana arlequín (*Atelopus* spp.) de Costa Rica. Además, al menos cuatro especies de anuros (ranas y sapos) de Brasil han disminuido como resultado de la alteración del hábitat, y dos especies de *Atelopus* han desaparecido después de la deforestación.

2.6. Casos de estudio para Costa Rica

Para el caso de Costa Rica se han realizado varios estudios, algunos de ellos desde hace 30 años, que bajo diferentes enfoques y grupos taxonómicos, analizan los impactos del cambio climático sobre la Biodiversidad. A continuación se presenta un resumen general de estos estudios.

2.6.1. Anfibios en tierras altas

Durante las últimas tres décadas se ha observado una marcada declinación en las poblaciones y especies de anfibios, principalmente aquellos localizados en tierras altas. Estas declinaciones fueron documentadas inicialmente en Costa Rica y Panamá (Lips 1998), pero hoy día existen reportes en otros países del Mundo (Lips *et al.* 2005). El bosque nuboso de Monteverde ha sido uno de los ecosistemas tropicales más estudiado en sus diferentes aspectos. Por esta razón fue uno de los primeros sitios en donde se registró la declinación de las poblaciones de anfibios, entre las cuales destaca la desaparición de la rana arlequín (*Atelopus varius*) y del endémico sapo dorado (*Ollotis periglenes*).

Varios investigadores liderados por Allan Pounds han estudiado este fenómeno. Pounds *et al.* (2006) proponen que la declinación de anfibios es debida a la invasión del hongo patógeno citridiun (*Batrachochytrium dendrobatidis*) en tierras altas favorecido por un aumento en la temperatura mínima provocada por el calentamiento global. Después de analizar los períodos de las declinaciones de las especies de *Atelopus* en América tropical en relación con los cambios de temperatura en la superficie del océano y del aire, estos autores concluyen que el calentamiento a gran escala es un factor clave en la desaparición de especies. Ellos proponen que la temperatura en muchas localidades de tierras altas está cambiando hacia la temperatura óptima para el crecimiento del hongo patógeno en cuestión, favoreciendo así esta mortal epidemia entre los anfibios. Considerando sus resultados y otros recientes que relacionan las mismas desapariciones con enfermedades, los autores concluyen que las

epidemias inducidas por el cambio en el clima son una amenaza inmediata a la biodiversidad al variar las interacciones ecológicas y la supervivencia de especies amenazadas.

2.6.2. Anfibios y reptiles

La declinación poblacional de especies de tierras altas ha sido bien documentada (Pounds *et al.* 2005), pero recientemente se han encontrado evidencias de una declinación similar en especies de anfibios y reptiles de tierras bajas. Whitfield *et al.* (2007) dan la voz de alarma sobre una reducción de un 75% en la densidad poblacional de todas las especies de anfibios terrestres y una tendencia similar para las poblaciones de reptiles comunes. Estos autores sugieren que reducciones en la cantidad de la hojarasca, un microhábitat importante para estos animales, atribuido a un aumento gradual en la temperatura y en la humedad de la región, es la principal causa de estas declinaciones.

2.6.3. Árboles

Estudios de largo plazo realizados en la estación La Selva de la OET en Puerto Viejo de Sarapiquí han documentado el efecto del cambio climático sobre el crecimiento de los árboles. Clark *et al.* (2003) registraron que el crecimiento diametral de los troncos de individuos adultos de 6 especies de árboles del dosel, en un período de 16 años (1984-2000), estuvo negativamente correlacionado con el promedio anual de la temperatura mínima diaria y con la liberación de CO₂ a la atmósfera por parte de los ecosistemas tropicales terrestres. Este resultado es consistente con otros que indican una reducción en la producción primaria neta de los bosques tropicales en años calientes durante las últimas dos décadas. Los autores sugieren que sus resultados son congruentes con otros estudios que demuestran que el aumento de la temperatura provoca que la tasa de respiración sea mayor que la tasa de fotosíntesis, reduciéndose la producción primaria neta.

2.6.4. Nubes, Monteverde y el Corredor Biológico Centroamericano

Las nubes de Monteverde parecen estar desapareciendo. La razón principal es la deforestación pero no en los bosques nubosos de Monteverde, sino en las tierras bajas, lo cual está generando un fuerte impacto en las nubes de Monteverde. No basta entonces con la conservación de bosques en esta región. Los estudios de Lawton *et al.* (2001) sugieren que el uso de la tierra en zonas bajas tiene serios impactos en los ecosistemas de las montañas adyacentes. Apoyado también por Nair *et al.* (2006) y Zeng *et al.* (2006), estos autores sugieren que la deforestación tropical y cambios asociados en el uso de la tierra, pueden alterar las características de la atmósfera, lo cual influye en la formación de nubes en la estación seca con implicaciones muy serias en las montañas adyacentes. El caso específico que brindan es Monteverde. La reducción de humedad es lo que pudo haber influenciado la desaparición del sapo dorado y puede estar afectando con certeza las poblaciones de anfibios en general en bosques nubosos.

El bosque tropical montano nuboso está entre los ecosistemas más amenazados en el mundo. Estos bosques ocupan aproximadamente el 0,4% de la superficie de la tierra, y albergan entre el 20% y el 16% de la diversidad de plantas y vertebrados del planeta respectivamente. La permanencia de este ecosistema depende de una inmersión prolongada, frecuente y predecible en las nubes. Cuán fuerte es el cambio climático, la deforestación y el cambio de uso de la tierra en general, en la presencia de las nubes en Monteverde, no está claro aún, lo cierto es que están ejerciendo presión y se potencian entre sí, con sus nefastas consecuencias en el ecosistema y en la disponibilidad de agua para las tierras bajas.

El aire que se mueve sobre las áreas deforestadas forma bancos de nubes sobre las montañas que están más alto y son cada vez menos frecuentes, contrario a lo que sucedía cuando había más bosque. Si la base de nubes sobre el bosque nuboso disminuye, la fuente de humedad puede ser

cortada, alterando así las comunidades ecológicas locales y consecuentemente la distribución de los bosques nubosos. Ambos cambios, locales y regionales, amenazan con aumentar la tasa de extinción de las especies de los bosques nubosos. El bosque nuboso de Monteverde con toda su riqueza biológica e hidrológica seguirá desapareciendo si siguen las tendencias actuales, por lo tanto el monitoreo se vuelve vital.

Otra estrategia importante para poder disminuir la presión sobre los bosques nubosos y otros bosques en general, son los corredores biológicos.

Ray *et al.* (2006), apoyados por otros autores como Welch *et al.*, 2005, analizaron que el éxito de la iniciativa del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) dependerá en parte de la habilidad de conectar corredores que provean hábitat adecuados para la permanencia de algunas poblaciones de especies y el movimiento migratorio de otras. Idealmente esta conexión a través de corredores podría contener poblaciones que originalmente han estado presentes en el sitio particular, sin embargo, la mayoría de estos corredores propuestos en esta iniciativa, no poseen sus bosques originales, sino más bien, están ocupados por paisajes agrícolas con tierras degradadas. Por lo tanto, el establecimiento de corredores exitosos dependerá de la regeneración de bosques.

Existe la posibilidad de que una mayor deforestación en Centroamérica pueda tener consecuencias climáticas que afecten ambos, la estabilidad de las áreas protegidas existentes, y la tasa de regeneración del bosque en zonas ahora deforestadas. La deforestación altera el flujo de energía superficial y el calor. El resultado es aire más caliente y seco sobre áreas deforestadas que en las zonas con bosque. Esto reduce la formación de nubes y precipitación en la estación seca, lo cual afecta como se vio anteriormente, la presencia de nubes en el bosque nuboso por ejemplo. Welch *et al.* (2005) analizaron escenarios de deforestación en localidades de la propuesta del CBM. Estas simulaciones ayudan a identificar sitios donde la alta deforestación tiene un impacto climático significativo en la propuesta del corredor biológico. Estos modelos sugieren que con pastos rodeando bosques en el corredor propuesto en varias localidades dentro de éste, la formación de nubes se suprimirá.

La precipitación en la estación seca (marzo por ejemplo) es marcadamente menor en áreas deforestadas que en bosques de la misma zona de vida en Centroamérica. En general, los hábitats deforestados tienen temperaturas diarias más altas, son menos nubosas, tienen menos humedad en el suelo, entre otros, que zonas no deforestadas en la misma zona de vida.

Este tipo de investigaciones apoya la toma de decisiones en el establecimiento y actividades a seguir en los corredores biológicos de cada país y de la región en general.

2.6.5. Zonas de Vida

Enquist (2002) realizó un análisis sobre el efecto del cambio climático en la distribución de las 19 zonas de vida de Holdridge presentes en Costa Rica. Para este análisis utilizó diferentes modelos del cambio climático en los cuales aumentó la temperatura y simultáneamente incrementó o disminuyó la precipitación. Los resultados sugieren que las zonas de vida localizadas en elevaciones altas podrían ser más sensitivas a incrementos en temperatura que a los cambios en la precipitación, mientras que aquellas en elevaciones bajas podrían ser más susceptibles a los cambios en las precipitaciones. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Karmalkar *et al.* (2008) usando escenarios de cambio climático para los bosques montanos de Costa Rica.

En un escenario con temperatura y humedad extremas, Enquist (2002) encontró una reducción en el número de las zonas de vida de Holdridge. Esta autora también incluyó datos sobre inventarios de especies de árboles en cada una de las zonas de vida, encontrando que el bosque pluvial montano bajo, bosque pluvial montano, bosque pluvial premontano y el bosque estacional seco de tierras bajas son únicos en su composición de especies. Sin embargo, estas zonas de vida ricas en especies de

árboles serán probablemente impactadas fuertemente por los cambios en la temperatura y la precipitación.

En un estudio similar realizado por Alpízar *et al.* (2000) en el que se incluyen escenarios climáticos futuros y forestales, las zonas de vida afectas son múltiples y distribuidas en gran parte del territorio, es decir no se observa una tendencia entre las mismas, debido a que entran en juego otras variables no consideradas en los estudios anteriores. En este estudio, Alpízar *et al.* (2000) recomiendan:

- Validar los mapas de zonas de vida y de tipos de bosques, de modo que se puedan verificar los tipos de bosques existentes en el campo y descartar aquellos que fueron el producto de la integración de información utilizada.
- Mejorar el modelo para considerar el efecto del período de meses secos en la presencia de bosques deciduos y nubosos, esto respaldado con una comprobación de campo.
- Continuar el estudio de modo que se puedan identificar las áreas de bosque que podrían cambiar de zona de vida, de modo que les permita a las especies existentes un desplazamiento.
- Identificar las áreas con alto potencial hídrico para determinar como podría verse afectado por el cambio climático.
- Fortalecer los mecanismos de control y conservación de bosques en las áreas que podrían verse mejoradas en su capacidad productiva por efecto del cambio en la zona de vida.
- Promover la aplicación de las acciones indicadas en el escenario optimista, con el fin de incrementar las existencias boscosas.
- Identificar los bosques primarios muy húmedos Tropicales que se verían afectados por el cambio climático, para adoptar medidas de protección.
- Identificar los bosques primarios ubicados en la zona de vida húmeda Premontano, para tomar medidas de protección, dado que tendrán mayor amenaza por deforestación.
- Es necesario afinar los rangos de distribución de las especies, principalmente en fauna, de modo que se pueda determinar con mejor ajuste el impacto climático y de pérdida de hábitat.
- Validar los rangos de distribución de las especies vulnerables con los rangos de las zonas de vida, de modo que el sistema se pueda aplicar para determinar el efecto del cambio climático sobre las especies.

2.6.6. Aves

Las aves son uno de los grupos de organismos más estudiados y por lo tanto uno de los que ha dado la alarma sobre el cambio climático y su efecto en la biodiversidad. Estudios de aves en Monteverde comparando datos recolectados en los años 70's con datos a finales de los 90's han mostrado que varias especies se han mudado a tierras más altas en donde estaban ausentes, mientras que aquellas que ocupaban previamente tierras altas han declinando en abundancia (Powell & Hamilton DeRosier 1999). Estos cambios han sido asociados con cambios climáticos.

Algunas especies de colibríes también han mostrado cambios al moverse a elevaciones mayores en el área de Monteverde (Fodgen & Fodgen 2005). Deliso (2007) recopiló información de cómo el cambio en la precipitación, temperatura, nubosidad y luz pueden afectar la producción de néctar y por lo tanto tener su efecto sobre la presencia y abundancia de las especies de colibríes. Los cambios en la distribución de los colibríes pueden tener un marcado efecto sobre la dinámica y funcionamiento de los bosques que habitan debido a su coevolución con las plantas que polinizan (Deliso 2007). Por otro lado se ha asociado que las temperaturas más elevadas en los bosques lluviosos de Costa Rica, han permitido que tucanes de tierras bajas invadan tierras altas, los cuales consumen los huevos de los quetzales, especies amenazadas. Existen también varios reportes informales sobre los movimientos de aves hacia tierras más altas en todas partes del país aunque se carecen de las evidencias científicas que asocien estos movimientos con el cambio climático.

2.6.7. Especies de tierras bajas y transectos altitudinales

Colwell *et al.* (2008) en una investigación con 1.902 especies de epífitas, rubiáceas del sotobosque, geométridos (pollillas) y hormigas en el transecto altitudinal que se extiende de la Estación Biológica La Selva al volcán Barva a 2.900 m.s.n.m., concluyeron que dado un aumento de la temperatura de 3,2 grados centígrados (5,8 grados Fahrenheit) en el curso de un siglo, causará un “desgaste” o “debilitamiento” (“attrition”) en un 53% de las 1.902 especies estudiadas. Eso no significa que los bosques de la actualidad se convertirán en desiertos, algunas especies prosperarán, especialmente aquellas ya adaptadas a condiciones de mucha tensión. Indican que en los trópicos, en particular, una respuesta podría ser ascender a sitios altos, siendo las rutas de escape más probables las laderas montañosas.

2.6.8. Humedales

Unos de los ecosistemas más afectados por la variabilidad climática y los eventos extremos son los humedales. Se espera que bajo las condiciones descritas en los escenarios de cambio climático estos ecosistemas sufran alteraciones significativas, con sus consecuencias directas e indirectas en las poblaciones humanas que de ellos dependen para subsistir.

Rojas *et al.* (2003) presenta una serie de consideraciones sobre el efecto del cambio climático sobre los humedales de la región centroamericana las cuales son resumidas a continuación:

- La existencia de los humedales depende principalmente de la disponibilidad de agua.
- En la medida que aumenten o disminuyan las lluvias o varíe su distribución, los humedales sufrirán cambios y se verán seriamente amenazados.
- Uno de los cambios será su distribución actual.
- Algunos desaparecen al cambiar las condiciones hidrológicas que los definen, algunos pocos permanecerán en sus lugares sufriendo cambios en su tamaño y composición, y otros se formarán en sitios nuevos cuyas condiciones hidrológicas, geológicas y geográficas favorecerán su formación.
- Estos cambios a su vez afectarán a la biodiversidad asociada con los humedales donde algunas especies deberán modificar sus ciclos de vida y comportamientos para adaptarse a las nuevas condiciones o deberán migrar hacia los nuevos humedales en formación.

Estas consideraciones hacen que estos ecosistemas se vean muy afectados y por lo tanto se consideren críticamente amenazados. En el caso de los arrecifes de coral se ha comprobado que la variación de la temperatura puede afectar significativamente sus funciones o incluso causar su muerte debido al fenómeno conocido como "blanqueamiento de corales" afectando también a las otras especies de estos ricos ecosistemas.

A los efectos del cambio climático hay que agregar los efectos producidos por las alteraciones de las acciones de los seres humanos al hacer uso de los recursos de estos ecosistemas. Así hay que añadir problemas de sedimentación, cambios de caudal, sobreexplotación de recursos, drenaje de humedales, contaminación, infraestructura en humedales, etc., los cuales se agravarán ante la gran demanda de las futuras generaciones. Por estas razones es importante desarrollar e implementar planes de protección y gestión sostenible del agua dulce y de los humedales (Giro y Jiménez 2003).

2.6.9. Tortugas

La determinación del sexo en las tortugas marinas está establecida por la temperatura del nido en la playa de anidación. Por ejemplo para la tortuga baula si la temperatura del nido es menor a 29,4 grados Celsius, la mayoría de los individuos en la camada serán machos, si es mayor la mayoría serán hembras (Binckley *et al.* 1998). Si aumenta en 2 grados Celsius solo nacerán hembras y si

aumenta más no nacerá ningún individuo. Se prevé que si el cambio climático hace que aumente la temperatura de los nidos, la proporción de sexos en las poblaciones de tortugas marinas se verá alterada y por lo tanto el futuro de estas especies.

2.6.10. Caimanes

En un estudio realizado entre mayo 2004 y mayo 2005 (Escobedo 2005), se analizó el efecto del clima en la proporción de sexos del caimán (*Caiman crocodilus*), en el Refugio de Vida Silvestre Caño Negro y las implicaciones de esta relación ante el cambio climático. Se ha determinado que la temperatura del ambiente influye en el desarrollo embrionario, longitud, peso, crecimiento y sobrevivencia de los reptiles en general.

Los objetivos específicos incluyeron temas de estructura poblacional y proporción de sexo, edad de los individuos, conocer la temperatura de incubación y el análisis de cambios en el clima relacionados con proporción de sexos de los caimanes.

Se midió la temperatura de los nidos y ésta se asoció a variables climatológicas mediante pruebas estadísticas específicas. Cada individuo recolectado fue medido y analizado para obtener datos básicos según los objetivos específicos. Se recolectaron 144 individuos en 22 muestreos.

Según estudios de clima, la zona ha sufrido cambios que incluyen una disminución de la precipitación diaria en la zona, aumento de intensidad de la precipitación, disminución del gradiente térmico, y aumento de la temperatura mínima.

Los **resultados y conclusiones** del estudio detallan:

- Existe relación entre el mayor número de machos y la disminución de precipitación durante los años noventa causada por el fenómeno de El Niño. Hay relación negativa entre la disminución de la precipitación y el aumento de caimanes macho.
- Aumento de temperatura de incubación en aproximadamente 1 grado Celsius. El número de machos puede estar asociado a la temperatura de incubación en épocas anteriores de anidación.
- Mayor tasa de mortalidad en hembras. Los huevos incubados a bajas temperaturas son los más afectados en mortalidad, en el caso de caimanes son las hembras las que se ven afectadas.
- Temperatura de incubación favorece un nacimiento mayor de machos. La temperatura media fue superior para obtener una relación de 1:1 en hembras y machos. Al mantenerse la temperatura media durante todo el período de incubación y en especial en las primeras semanas de incubación, el sexo de las crías puede ser entre un 80 y 100% machos.
- La temperatura mínima diaria y la precipitación de la región Huetar Norte parecieron afectar la temperatura de incubación. Estos factores tuvieron una relación con la temperatura de incubación (prueba estadística) en dos nidos.
- En el estudio climático se observó un aumento de temperatura mínima en la zona y una disminución de la precipitación. De mantenerse la relación entre la temperatura de los nidos con la precipitación y la temperatura mínima, se podría esperar un aumento de la temperatura de incubación durante las siguientes épocas de anidación.

Entre las **recomendaciones de manejo** sugeridas por el investigador están el realizar un seguimiento anual de las poblaciones y temperatura de nidos para ver fluctuaciones y tendencias. Aumentar el

número de hembras de forma *ex situ*, para nivelar la relación de sexos en las poblaciones. La educación ambiental, programas de reforestación y turismo ecológico son actividades que se deben promocionar en la zona, así como analizar la capacidad de carga de este tipo de animales para uso de la comunidad en forma sostenible y mejora de la calidad de vida y manejo de la población de caimanes.

2.6.11. **Pesquería**

En relación con la pesca, las aguas costeras, los arrecifes coralinos y la biodiversidad típica son los más afectados por El Niño, dada la gran sensibilidad que tienen a los cambios bruscos de la temperatura del mar. Este cambio en la temperatura obliga a muchas especies comerciales como el tiburón y dorado a emigrar a otros lugares (Vega y Stolz 1997). En 1997, por ejemplo, en el mar patrimonial de Costa Rica se experimentó una disminución severa en las capturas de dorado, especie de alto valor comercial; también disminuyó la pesca de pargo, cabrilla, corvina y atún, y se presentaron otros problemas de menor dimensión en la captura de camarón y tiburón (CNE s.f).

3. Vulnerabilidad futura e impactos del cambio climático, clima actual y variabilidad climática sobre la biodiversidad

3.1. Contexto

De acuerdo con Parry *et al.* (2007) el conocimiento actual en relación con los impactos futuros a nivel mundial incluye entre otros:

3.1.1. Ecosistemas

- Los ecosistemas identificados como más vulnerables, y que es prácticamente seguro que experimentarán los más graves impactos ecológicos, incluida la extinción de especies y cambios en los principales biomas son: Tierras continentales (la tundra, bosques boreales, las montañas y los ecosistemas de tipo mediterráneo), Tierras costeras (los manglares y marismas), Océanos (los arrecifes de coral y los mares cubiertos de hielo).
- Para un aumento en la temperatura media mundial de hasta 2 °C, la productividad primaria neta (NPP) aumentará en las latitudes altas (contingente en gran medida de la eficacia de la migración de plantas leñosas), mientras que una disminución de la NPP (océano y la tierra) es probable en latitudes bajas.
- La proyección de la retención de carbono hacia los polos por la expansión de la taiga es probable que no sea compensada por cambios en el albedo, incendios forestales, y la disminución de los bosques en el límite ecuatorial de la taiga, y las pérdidas de metano en la tundra.
- El secuestro de carbono de parte de los bosques tropicales, pese a los últimos aumentos de la productividad observada, es muy probable que dependa de las tendencias en el cambio de uso de la tierra, pero para el año 2100 es probable que sea dominado por los impactos del cambio climático, especialmente en las regiones más secas.
- Los bosques amazónicos, la taiga China, y gran parte de Siberia y la tundra canadiense es muy probable que muestren grandes cambios con la temperatura media global superior a 3°C. Si bien se proyecta una expansión forestal en América del Norte y Eurasia, con menos de 2°C de calentamiento, los bosques tropicales son propensos a experimentar graves impactos, incluyendo las pérdidas de diversidad biológica.
- Para un aumento de la temperatura media mundial de aproximadamente 1,5 a 3°C, la baja productividad de los océanos de las zonas subtropicales es probable que se amplíe en aproximadamente un 5% en hemisferio Norte y aproximadamente el 10% en hemisferio Sur, pero la productividad de los mares polares es muy probable que se contraiga en alrededor de 40% en el hemisferio Norte y alrededor del 20% en el hemisferio Sur.
- Al retraerse los mares cubiertos de hielo, las especies polares que dependen de ellos, incluidos los depredadores, tales como pingüinos, focas y osos polares, son muy propensos a experimentar degradación.
- La pérdida de arrecifes de coral debido a la decoloración es muy probable que se produzca en los próximos 50 años, especialmente para la Gran Barrera de Coral, donde el cambio climático y los efectos directos, tales como la contaminación y la cosecha se espera que causen decoloraciones anuales (alrededor de 2030 a 2050) seguidas de mortalidades masivas.
- La aceleración de la liberación de carbono de las reservas de carbono vulnerables, especialmente las turberas, la tundra congelada, suelos del "permafrost" y los suelos de los bosques boreales y tropicales es prácticamente segura.
- La intensificación y expansión de los incendios forestales a nivel mundial es probable, con el aumento de las temperaturas y las sequías cada vez más frecuentes y más persistentes.
- La mayor variabilidad de las precipitaciones es probable que comprometa las especies continentales y de los humedales costeros mediante cambios en las épocas, la duración y la profundidad de los niveles de agua.
- El pH de la superficie de los océanos es muy probable que disminuya aún más, tanto como 0,5 unidades de pH para el año 2100, con aumentos de CO₂ en la atmósfera proyectados según el

escenario A1FI. Es muy probable que perjudique la formación del exoesqueleto de los organismos marinos que requieren de carbonato de calcio (por ejemplo, corales, cangrejos, calamares, caracoles marinos, almejas y ostras).

3.1.2. **Sistemas costeros y áreas bajas**

- Es probable que los corales experimenten un importante declive debido al aumento de la decoloración y la mortalidad debido al aumento de la temperatura del agua. Las marismas y manglares serán afectados negativamente por la elevación del nivel del mar.
- Todos los ecosistemas costeros son vulnerables al cambio climático y la elevación del nivel del mar, en especial los corales, las marismas y manglares.
- Los corales son vulnerables al estrés térmico y es muy probable que los aumentos proyectados en la temperatura superficial del mar (TSM) de alrededor de 1 a 3°C en el siglo XIX se traducirán en eventos de blanqueamiento más frecuente y la mortalidad generalizada, a menos que se de la adaptación térmica o aclimatación de los corales.
- Los humedales costeros, incluyendo marismas y manglares, son sensibles a la subida del nivel del mar, con una previsión de pérdidas globales de 33% dados 36 cm de elevación del nivel del mar entre 2000 y 2080. Las pérdidas más grandes podrían darse en el Atlántico y el Golfo de México, las costas de las Américas, el Mediterráneo, el Báltico, y las islas pequeñas.
- La acidificación de los océanos es un tema emergente con impactos potenciales mayores en las zonas costeras, pero hay poca comprensión de los detalles. Es un tema urgente para seguir la investigación, en especial los programas de observación y medición.

3.1.3. **Recursos hídricos**

- La escorrentía y la disponibilidad de agua es muy probable que aumenten en las latitudes altas y en algunos trópicos húmedos, incluyendo poblados en la zona oriental y sudoriental, y disminuyan en la mayor parte de las latitudes medias y los trópicos secos, que son actualmente zonas de estrés hídrico.
- Las zonas afectadas por la sequía probablemente aumentarán, y los eventos extremos de precipitación, que es probable que aumenten en frecuencia e intensidad, aumentarán los riesgos de inundación. El aumento en la frecuencia y la gravedad de las inundaciones y las sequías tendrán consecuencias para el desarrollo sostenible.
- Muchas zonas semiáridas (por ejemplo, la cuenca del Mediterráneo, el oeste de EE.UU., en el sur de África y el noreste de Brasil) sufrirán una disminución de los recursos hídricos debido al cambio climático.
- El aumento del nivel del mar extenderá las zonas de salinización de las aguas subterráneas y estuarios, lo que resultará en una disminución de la disponibilidad de agua dulce para los seres humanos y los ecosistemas en las zonas costeras.
- La recarga de aguas subterráneas se reducirá considerablemente en algunas zonas que ya presentan estrés hídrico, donde la vulnerabilidad es a menudo exacerbada por el rápido aumento de la población y la demanda de agua.
- El aumento de la temperatura del agua, el aumento en la intensidad de las precipitaciones y los períodos más largos de corrientes bajas exacerbará muchas formas de contaminación del agua, con impactos en los ecosistemas, la salud humana, y la fiabilidad del sistema hídrico y los gastos de operación.
- Las incertidumbres han sido evaluadas y su interpretación ha mejorado y nuevos métodos están siendo desarrollados para su caracterización. Sin embargo, las proyecciones cuantitativas de los cambios en las precipitaciones, los caudales fluviales y los niveles de agua en la cuenca del río siguen siendo inciertas.
- Los efectos negativos del cambio climático en los sistemas de agua dulce superan los beneficios.

3.1.4. América Latina

- La variabilidad climática y los fenómenos extremos han afectado gravemente la región de América Latina en los últimos años (confianza alta).
- El calentamiento medio proyectado para América Latina al final del siglo XIX según los diferentes modelos climáticos, oscila entre 1 y 4 ° C según los escenarios de emisiones B2 y de 2 a 6°C para el escenario A2 (confianza media).
- La mayoría de las proyecciones GCM indican precipitaciones anómalas (positivas y negativas) mayores que las actuales en la parte tropical de América Latina y algunas áreas pequeñas extra-tropicales de América del Sur.
- Los cambios en la temperatura y las precipitaciones tendrán efectos especialmente graves sobre los “hotspots” que ya son vulnerables. Además, la frecuencia de ocurrencia de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos es probable que aumente en el futuro, como la frecuencia y la intensidad de los huracanes en la Cuenca del Caribe.
- En virtud del futuro cambio climático, hay un riesgo importante de extinción de especies en muchas áreas tropicales de América Latina (confianza alta). La sustitución gradual de los bosques tropicales por sabanas se espera para mediados de siglo en la parte oriental de la Amazonia y los bosques tropicales del centro y el sur de México, junto con la sustitución de vegetación semiárida por árida en partes del nordeste de Brasil y la mayoría de norte y centro de México, debido a aumentos en la temperatura y las disminuciones en el agua del suelo (confianza alta).
- Hay un riesgo importante de pérdida de la diversidad biológica mediante la extinción de especies en muchas áreas tropicales de América Latina. Siete de los 25 lugares más críticos con alta concentración de especies endémicas se encuentran en América Latina, y estas áreas están sufriendo la pérdida de hábitat. Reservas biológicas y corredores ecológicos han sido establecidos o planeados para el mantenimiento de la biodiversidad en los ecosistemas naturales, y estos pueden servir como medidas de adaptación para ayudar a proteger los ecosistemas de cara al cambio climático.

3.2. Ecosistemas, vulnerabilidad futura e impactos del cambio climático, clima actual y variabilidad climática sobre la biodiversidad

3.2.1. Cambio climático y biodiversidad

Al comparar la información de las tres variables climáticas del período línea base 1961-1990 con el 2030, escenario A2, es posible determinar sus cambios y extrapolar cómo estos cambios afectarán de manera general a la biodiversidad del país.

Los cambios en la precipitación anual entre los dos períodos analizados se presentarán en un 42% del área terrestre del país (Fig. 1 y Fig. 5). De manera general se observa que habrán más zonas en las cuales las lluvias anuales disminuirán (26%) en comparación con zonas en donde se darán aumentos (15%). Sobresale la región al oeste de Liberia hasta la costa y los alrededores de Cartago (Orosi, Tierra Blanca, Cot, Tobosí, Cangreja) en donde las precipitaciones disminuirán por debajo de los 1.500 mm. Algunas regiones con precipitaciones actuales anuales superiores a los 5.000 mm desaparecerán y en otras el área se reducirá. Se espera que la disminución en las precipitaciones en la región de las llanuras de Tortuguero tenga un efecto significativo en la composición y estructura del bosque tropical muy húmedo que se encuentra protegido en el Parque Nacional (PN) Tortuguero y en el Refugio Nacional de Vida Silvestre (RNVS) Barra de Colorado (cuadro 8). Particularmente las áreas con precipitación anual mayor a los 5.000 mm quedarán confinadas en el 2030 a la región de Golfito y a la costa Pacífica de la Península de Osa.

Es reconocido que la precipitación es un factor importante en la determinación de la distribución de la biota de una región. Hartshorn (1992) y Condit (1998) sugieren que los regímenes de precipitación son una de las fuerzas primarias en los patrones de distribución en los trópicos, aunque la variación

intra-anual puede ser muy importante (Hartshorn 1992). Se sabe que la estacionalidad tiene un efecto marcado en los organismos tropicales (Swaine 1996, Condit 1998). Por esta razón se espera que las disminuciones previstas en las precipitaciones en el peor escenario de cambio climático tengan sus efectos sobre la composición, estructura, función y dinamismo de los ecosistemas nacionales, aunque no se puede prever exactamente estos cambios. Además de las variaciones en la cantidad de precipitación es importante considerar la distribución anual de esta (estacionalidad). Especies de plantas epífitas como orquídeas y bromelias, así como los helechos en general, son particularmente dependientes de la humedad ambiental. Se espera que la disminución en las precipitaciones afecte estos grupos de plantas.

Al igual que la precipitación, la temperatura ambiental es un reconocido factor determinante de la distribución de las especies. Pounds *et al.* (2006) sugieren que el aumento de la temperatura mínima fue importante para la llegada y crecimiento del hongo *chytridium* en las tierras altas de Costa Rica y de su mortal epidemia en los anfibios. Clark *et al.* (2003) asocian el aumento de la temperatura mínima diaria con la disminución de la tasa de fotosíntesis en árboles del dosel en bosques lluviosos tropicales de tierras bajas. Similarmente, se reconoce el efecto de la temperatura ambiental en la determinación de proporción de sexos en muchas tortugas, en los cocodrilos y caimanes (Savage 2002).

La temperatura máxima es definitivamente un factor determinante en la biota de una región. Se sabe que esta tiene su efecto sobre algunos de los procesos y ciclos de los organismos. Por ejemplo, se conoce que la temperatura ambiental tiene un efecto sobre la tasa de fotosíntesis de las plantas, esta aumenta con la temperatura hasta una temperatura óptima y luego declina (Clark *et al.* 2003). Whitfield *et al.* (2007) relacionan la reducción en la densidad poblacional de anfibios terrestres en la estación biológica La Selva con la disminución en la cantidad de hojarasca en el suelo como producto de la disminución en la tasa de la fotosíntesis registrada en las plantas (Clark *et al.* 2003). De igual forma se reconoce el efecto de la temperatura ambiental en la determinación de proporción de sexos en las poblaciones de muchas tortugas y de cocodrilos y caimanes (Savage 2002).

3.2.2. Cambio climático y bioregiones

El concepto de bioregión utilizado en este análisis se creó con el fin de evaluar el efecto del cambio climático sobre los ecosistemas a escala gruesa y se basa en las zonas de vida de Holdridge. Cada bioregión está definida por la elevación, las condiciones climáticas (precipitación y estacionalidad), y presenta un ensamblaje de especies característico adaptado a estas condiciones. El país se dividió en 5 bioregiones: Pacífico Norte, Pacífico Sur, Vertiente del Caribe, Tierras medias y Tierras altas (Figura 8).

Las bioregiones Pacífico Norte, Pacífico Sur y Vertiente del Caribe se encuentran en tierras bajas y fueron subdivididas de acuerdo con su ubicación en relación con la divisoria de aguas, los regímenes de precipitación y los límites entre las zonas de vida; la bioregión Tierras medias se encuentra en elevaciones entre 700 y 1.700 msnm; y la bioregión Tierras altas se ubica en elevaciones superiores a los 1.700 msnm.

Las bioregiones Pacífico Sur y Vertiente del Caribe presentan altas precipitaciones durante todo el año, por lo que no tienen una estacionalidad marcada. La bioregión Pacífico Norte presenta altas precipitaciones durante los seis meses de su estación lluviosa y un marcado déficit de lluvias durante los restantes seis meses del año.

Las precipitaciones de las Tierras medias ubicadas en las pendientes del Caribe, aumentan con la altitud, en tanto que las ubicadas en las pendientes del Pacífico aumentan hasta los 800 msnm, a partir de lo cual disminuyen conforme aumenta la altitud. Las precipitaciones en las Tierras altas ubicadas en las pendientes del Caribe aumentan al incrementar la altitud hasta los 2.000 msnm, a partir de lo cual disminuyen conforme se continúa subiendo hasta llegar a las cumbres, las ubicadas en las pendientes del Pacífico disminuyen en relación con la altitud.

Existen algunas especies típicas de cada bioregión, por ejemplo: *Oophaga pumilio*, *Manacus candei* y *Lepidophyma flavimaculatum* caracterizan a la bioregión Vertiente del Caribe, *Oophaga granulifera*, *Manacus aurantiacus* y *Lepidophyma reticulatum*, especies hermanas con las anteriores, caracterizan a la bioregión Pacífico Sur.

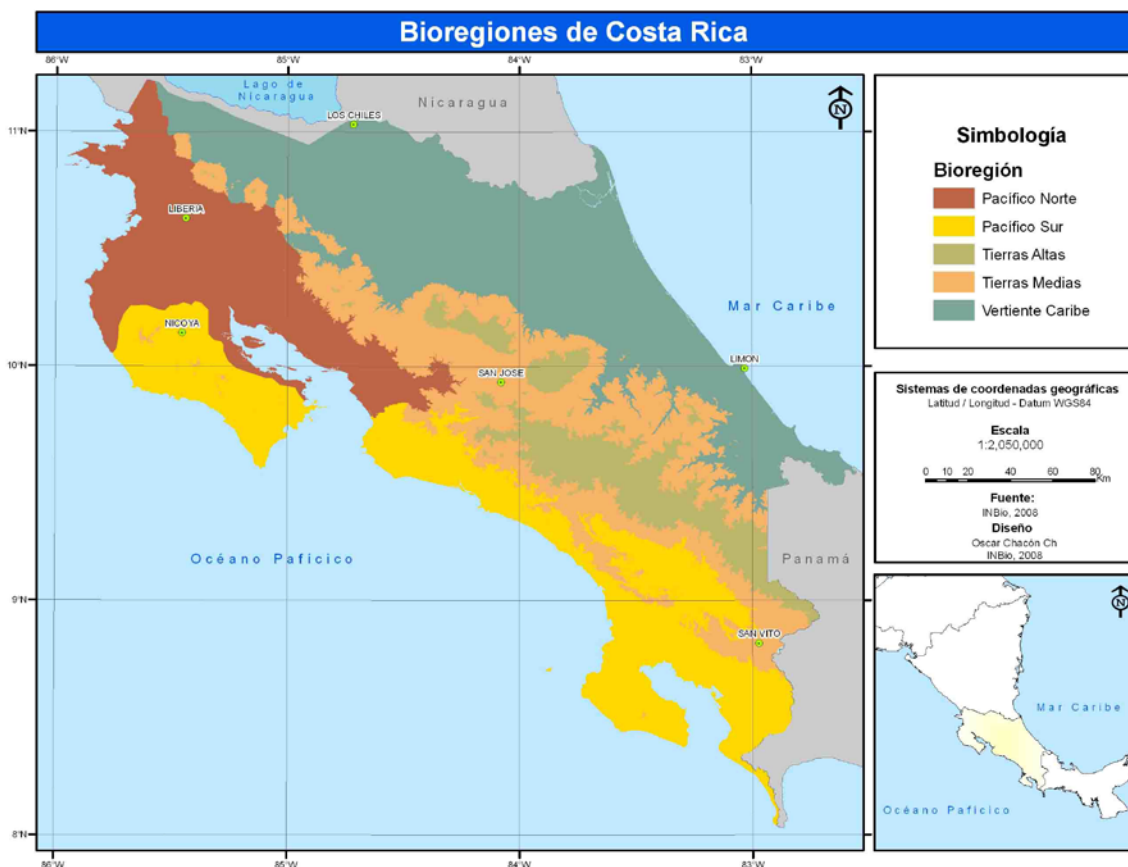


Figura 8. Mapa de Bioregiones para Costa Rica.

Los cambios en las bioregiones de acuerdo con el escenario 2030 son los siguientes:

3.2.3. Pacífico Norte

No hay un cambio significativo en el área con precipitación anual entre 1.000 y 2.000 mm, hay un aumento del área con precipitación anual entre 2.000 y 3.000 mm, y una disminución del área con precipitación anual entre 3.000 y 4.000 mm. En general, los cambios en precipitación de esta bioregión se localizan cerca del pie de monte de las cordilleras de Guanacaste y Tilarán.

Los cambios en la temperatura mínima se manifiestan principalmente en áreas con temperatura entre 18 y 22 °C, reduciéndose el área de la isoterma de 18 a 20 °C y aumentando la de 20 a 22 °C. El pie de monte de las cordilleras antes mencionadas tendrá temperaturas mínimas más calientes al igual que el sector costero desde Bahía Culebra hasta Marbella de Santa Cruz.

Para la temperatura máxima el área de la isoterma de 32 a 34 °C aumenta significativamente, cubriendo prácticamente toda la región, las isotermas inferiores a 32°C se van a desplazar hacia los pies de monte de las cordilleras de Guanacaste y de Tilarán, desapareciendo para esta bioregión la isoterma de 24 a 26 °C y siendo sustituida por la de 26 a 28 °C.

El Pacífico Norte se caracteriza por presentar aproximadamente 5 meses secos y 7 meses lluviosos, condición climática que determina la biota en esta región, la cual está adaptada a soportar el estrés hídrico de los meses secos.

Aún cuando los cambios de acuerdo con el escenario 2030 en precipitación anual no son aparentemente significativos, si la estacionalidad en las precipitaciones (meses secos vs. meses lluviosos) cambia, los efectos sobre la biota serán importantes. Los ciclos reproductivos de las especies del Pacífico Norte están en sincronía con las estaciones secas y lluviosas y su duración, por lo tanto, cambios en este patrón de clima tendrá efecto sobre las poblaciones y las relaciones simbióticas con otras especies.

Los aumentos en las temperaturas mínima y máxima se espera que tengan efectos sobre la proporción de sexos en las poblaciones de tortugas, cocodrilos y caimanes. Sin embargo, falta mucha investigación en este sentido, además, se debe considerar la plasticidad genética de las especies.

3.2.4. **Pacífico Sur**

Esta bioregión experimentará una reducción de las precipitaciones anuales al reducirse las áreas con precipitaciones mayores a los 4.000 mm. Los sitios que experimentarán cambios más marcados son los comprendidos entre Tárcoles y Parrita hacia el pie de monte, los que están entre la península de Osa y el sector del Valle de Coto Colorado cercano a la frontera con Panamá. Por otro lado, el pie de monte de la fila Costeña ubicado dentro del valle de El General sufrirá un aumento de las precipitaciones.

La temperatura mínima tenderá a aumentar en esta biorregión, aunque con una reducción evidente en el área de la isoterma de 20 a 22 °C en el litoral Pacífico de la península de Nicoya, dando paso a temperaturas más altas, con un aumento de la temperatura mínima en los alrededores de Golfito y una disminución en la mayor parte del valle de El General.

En el caso de la temperatura máxima, para la porción de la biorregión en la península de Nicoya, la isoterma de 30 a 32 °C, ubicada en la costa suroeste desaparecerá y será sustituida por la isoterma de 32 a 34 °C. Para la porción central de esta bioregión, las temperaturas máximas en los pies de monte aumentarán y las isotermas ubicadas en la parte noroeste, 30-32 °C y mayor a 32 °C serán sustituidas por la isoterma de 32 a 34 °C. La temperatura máxima disminuirá en la mayor parte del valle de El General y aumentará al sureste de Buenos Aires. Para los valles del Diquís y Coto Colorado la temperatura máxima aumentará a la isoterma de 32 a 34 °C. La porción de la bioregión al pie de monte de las filas Costeña y Cruces experimentará una temperatura máxima menor. El resto de la bioregión permanecerá sin cambios.

El Pacífico sur se distingue por sus altas precipitaciones y temperaturas. La estación seca suele variar en duración dependiendo del sector de la bioregión. En general, la estación seca no es marcada, es decir suele llover un poco aún en estos meses. Su biota es muy diversa como producto de condiciones climáticas favorables todo el año. La disminución de la temperatura máxima más la reducción en las precipitaciones harán que la humedad disminuya teniendo sus consecuencias en la biota, aunque es difícil predecir exactamente de qué manera.

3.2.5. **Vertiente del Caribe**

En general las proyecciones de las precipitaciones anuales para el escenario 2030 en esta región prevén una disminución en áreas con precipitaciones anuales actuales mayores a los 4.000 mm. Estos cambios abarcarán los sitios de alta precipitación en el pie de monte de las cordilleras y la región de Tortuguero - Barra del Colorado.

Se espera una reducción de la temperatura mínima en el área comprendida desde Fila Matama hasta el volcán Barva, con un aumento hacia el centro de la Zona Norte y pie de monte de la Cordillera de Guanacaste.

El área de esta bioregión ubicada en la Zona Norte y Caribe Norte se espera que presente un desplazamiento de todas las isotermas hacia los pies de monte de las cordilleras. Las isotermas de 28 a 30 °C y de 30 a 32 °C serán sustituidas por la de 32 a 34 °C, y los pies de monte en general serán más calientes. Para el resto de la bioregión las isotermas al pie de monte disminuirán sus valores, y la isoterma de 26 a 28 °C y de 28 a 30 °C se desplazarán hacia la costa, excepto en la zona comprendida entre el sur de la ciudad de Limón y el sur del Parque Nacional Cahuita, incluyendo el norte del Valle de la Estrella.

La Vertiente del Caribe está definida por sus persistentes precipitaciones durante todo el año y sus altas temperaturas, lo cual produce una alta humedad. En aquellas áreas de esta bioregión en donde se darán cambios en las precipitaciones y en la temperatura ambiental (mínima y máxima) y por lo tanto en la humedad ambiental, en general, se pueden esperar cambios en la composición, estructura, función y dinamismo de los bosques. Sin embargo, la dirección y magnitud de estos cambios son impredecibles, ya que muchas especies se adaptarán debido a su plasticidad, pero otras no serán capaces.

3.2.6. Tierras Medias

Las áreas con precipitaciones anuales mayores a los 4.000 mm sufrirán, en general, una reducción en las precipitaciones.

Para la temperatura mínima las variaciones se presentarán en diferentes partes. Las cordilleras de Guanacaste y Volcánica Central y el sector Caribe de la cordillera de Talamanca serán más cálidas; la de Tilarán y el sector Pacífico de la cordillera de Talamanca serán más frescas.

Para la temperatura máxima, la cordillera de Guanacaste la isoterma de 24-26 °C será sustituida por la de 26-28 °C. En la parte alta de esta bioregión ubicada en la Cordillera de Tilarán, desaparece la isoterma de 20-22 °C para ser sustituida por las isotermas de 22-24 °C y 24-26 °C. En la parte baja de esta bioregión ubicada en la Cordillera de Tilarán la isoterma de 24-26 °C para ser sustituida por la isoterma de 28-30 °C.

Para la cordillera Volcánica Central, se espera que el Valle Central Occidental (ciudades como San José, Heredia, Alajuela y San Ramón) no sufrirá cambios significativos, excepto la zona comprendida entre los Montes del Aguacate, Palmares y Grecia que experimentarán un aumento en la temperatura máxima. Las áreas ubicadas en la pendiente Caribe y valle del Guarco experimentarán aumentos en la temperatura máxima debido al desplazamiento de las isotermas hacia las partes altas.

Los cambios esperados en la temperatura máxima de la cordillera de Talamanca son muy variables. Para la Fila Cruces y región de San Vito se espera un incremento en el área de las isotermas de 24 a 26 °C y de 26 a 28 °C, la fila Costeña estará en su mayor parte bajo la isoterma de 26 a 28 °C, desplazando a la isoterma de 28 a 30 °C. Para el resto de la bioregión de Tierras medias en la pendiente del Pacífico se espera un incremento de la temperatura máxima al desplazarse las isotermas hacia elevaciones más altas, principalmente en las estribaciones al noroeste de esta cordillera (cerros de Escazú, Turrubares y Carraigres). En las estribaciones al noreste (filas Matama, Picada Matina y Morado) se esperan desplazamientos complejos de las isotermas que en general homogenizan el sector con temperaturas entre los 24 y los 28 °C. El resto de la pendiente Caribe en el sureste de la cordillera se espera que esté bajo las isotermas entre los 18 y los 22 °C.

Las Tierras Medias se distinguen por su clima fresco, con altas precipitaciones en la ladera Caribe y precipitaciones moderadas en la ladera del Pacífico. Tanto los cambios en la temperatura (Enquist 2002; Karmalkar *et al.* 2008) como los cambios en las precipitaciones (Hartshorn 1992) afectarán los

ecosistemas de esta bioregión, pero se desconoce la dirección de estos cambios. Los cambios en el clima que esta región está experimentando han permitido observar la llegada de nuevos depredadores, parásitos y competidores provenientes de tierras bajas, los cuales están alterando la composición, función y dinamismo de los ecosistemas propios de estas tierras (Pounds *et al.* 2005)

3.2.7. Tierras Altas

Para esta bioregión se espera un aumento en la temperatura mínima y una disminución en las precipitaciones, excepto en la sección central y sur de la cordillera de Talamanca.

La cordillera de Guanacaste tendrá un aumento de la temperatura máxima al desaparecer la isoterma de 24 a 26 °C por desplazamiento de la de 26 a 28 °C. En la cordillera de Tilarán, parte de las Tierras altas cubiertas por la isoterma de 20 a 22 °C serán cubiertas por la isoterma de 20 a 24 °C. La cordillera Volcánica Central experimentará un desplazamiento de las isotermas hacia elevaciones mayores, reduciéndose la isoterma de 18 a 20 °C a una sección sobre el volcán Irazú, al ser desplazada principalmente por la isoterma de 20 a 22 °C en su mayor parte a excepción de la sección oeste en donde prevalecerá la isoterma de 22 a 24 °C. Las tierras altas al norte y centro de la cordillera de Talamanca experimentarán un aumento en su temperatura máxima al desplazarse las isotermas a altitudes mayores, en tanto que las áreas al sur se volverán más frías al ampliar su distribución la isoterma de 18 a 20 °C, desplazando a las otras isotermas tierras abajo.

Esta bioregión se caracteriza actualmente por su alta precipitación y bajas temperaturas. En ella se presenta el fenómeno de precipitación horizontal (neblina) que es determinante para la existencia de los bosques nubosos. Igualmente, los estudios de Enquist (2002) y Karmalkar *et al.* (2008) pronostican que los ecosistemas de esta bioregión se verán principalmente afectados por los cambios en la temperatura, así como por las variaciones en las precipitaciones (Hartshorn 1992).

Para esta bioregión existe más información de cómo los cambios en el clima han permitido la llegada de nuevos depredadores, parásitos y competidores provenientes de tierras bajas y sus efectos sobre la composición, función y dinamismo de los ecosistemas de las tierras altas (Pounds *et al.* 2005). En Monteverde, un sitio con bosque nuboso, la llegada de nuevas especies de tierras bajas ha estado asociada con la disminución poblacional de especie propias, algunas de las cuales se han extinguido como el sapo dorado (*Ollotis periglenes*) (Pounds *et al.* 2006).

3.2.8. Análisis del cambio climático por área silvestre protegida

Las áreas silvestres protegidas constituyen los principales refugios mejor conservados para la mayor parte de la biodiversidad del país. En ellas se encuentra representada la gran mayoría de especies y ecosistemas de Costa Rica, cubriendo un 26% del territorio terrestre nacional. Dependiendo de su categoría de conservación las áreas silvestres protegidas son los sitios núcleo para la conservación de nuestra biodiversidad a largo plazo.

Los parques nacionales (PN) y las reservas biológicas (RB) son las categorías de protección permanente que aseguran una mayor protección de los recursos naturales. Por esta razón el analizar el cambio climático en estas áreas silvestres protegidas es una forma de medir su impacto sobre la biodiversidad nacional y su conservación.

Dada la alta cantidad de áreas silvestres protegidas (actualmente en 166) presentes en el país, se decidió concentrar el análisis únicamente en aquellas de protección permanente, terrestres y continentales, es decir, parques nacionales y reservas biológicas (actualmente en 33). Estas categorías de protección permanente cubren el 50,4 % de la extensión total de las áreas silvestres protegidas, y abarcan aproximadamente un 12,7 % del territorio terrestre nacional. Además, los

parques nacionales y reservas biológicas contienen muestras representativas de los principales ecosistemas del país.

Mediante la herramienta "intersección" del software ArcView se interseccionaron la cobertura de las áreas silvestres protegidas con cada una de las coberturas de los parámetros climáticos analizados, tanto para el período línea base 1961-1990 como para el 2030. Este procedimiento permitió determinar el porcentaje de la extensión terrestre de los parques nacionales y reservas biológicas que sufrirán un cambio, incremento o disminución, con respecto a cada una de las tres variables climáticas. Posteriormente se calculó un índice de afectación para cada uno de las áreas silvestres protegidas, el cual consideró con igual peso los resultados de los tres parámetros climáticos. Este índice es igual a la suma de las fracciones de las extensiones terrestres afectadas por el cambio climático llegando a alcanzar un valor máximo de tres. Nótese que este índice no considera la magnitud de los cambios, sólo las áreas donde aumentaron o disminuyeron las lluvias o temperaturas. En el cuadro 8 se muestran los resultados obtenidos por parque nacional y reserva biológica, en las figuras de la 9 a 14 se muestra un detalle de los resultados para el Parque Nacional Braulio Carrillo.

Se observa una tendencia a que los parques nacionales y reservas biológicas que se verán más afectados son los ubicados en las partes altas, y los menos afectados los ubicados en las tierras bajas cerca de las costas. Así, por ejemplo, entre estas áreas silvestres protegidas con menor área afectada por el cambio climático según los modelos propuestos están: PN Manuel Antonio, RB Lomas de Barbudal, PN Cahuita, PN Corcovado y PN Diría; y entre los más afectados están los parques nacionales: Volcán Turrialba, Volcán Tenorio, Volcán Poás, Rincón de la Vieja y Arenal.

Los Parques Nacionales Tapantí-Macizo de la Muerte y Braulio Carrillo, importantes como fuente de agua potable para las poblaciones del Valle Central, sufrirán una marcada disminución en su precipitación anual, ejemplificando como el cambio climático afectará el suministro de algunos de los servicios ambientales de los ecosistemas. Específicamente el PN Braulio Carrillo, el cual actualmente presenta en aproximadamente un 80% de su extensión precipitaciones anuales mayores a 4.000 mm. Para el 2030 aproximadamente el 95% de la extensión de este parque tendrá precipitaciones anuales entre 3.000–4.000 mm. En el caso del Parque Nacional Tapantí-Macizo de la Muerte actualmente el 53% de su extensión presenta precipitaciones anuales de 3.000–5.000 mm, para el futuro estas precipitaciones se reducirán aproximadamente al 15% de su extensión. Ambos parques experimentarán un reducción de su capacidad como zona de recarga acuífera, afectando la disponibilidad de agua a los habitantes del Valle Central.

Cuadro 8. Porcentaje (%) de la extensión terrestre e índice de afectación de los parques nacionales y reservas biológicas de Costa Rica que sufrirá cambio en la precipitación anual, la temperatura mínima anual y la temperatura máxima anual entre el período línea base 1961-1990 y el 2030.

Área Silvestre Protegida	Porcentaje (%) de la extensión terrestre que sufrirá cambio en la precipitación anual	Porcentaje (%) de la extensión terrestre que sufrirá cambio en la temperatura mínima anual	Porcentaje (%) de la extensión terrestre que sufrirá cambio en la temperatura máxima anual	Índice de afectación	Ubicación altitudinal predominante de las ASPs *
PN Volcán Turrialba	100,00	100,00	100,00	3,00	Tierras Altas
PN Volcán Tenorio	94,13	100,00	95,41	2,90	Tierras Medias y Bajas
PN Volcán Poás	92,91	100,00	78,31	2,71	Tierras Altas
PN Rincón de la Vieja	53,80	100,00	100,00	2,54	Tierras Medias
PN Arenal	100,00	41,98	99,76	2,42	Tierras Medias
RB Sant. Los Cusings (privado)	97,00	44,33	100,00	2,41	Tierras Bajas
PN Braulio Carrillo	81,29	76,20	79,44	2,37	Tierras Medias y Altas
PN Barbilla	74,52	86,68	74,68	2,36	Tierras Medias y Bajas
PN Chirripó	74,27	76,16	83,92	2,34	Tierras Altas
PN Guanacaste	71,56	85,69	60,59	2,18	Tierras Bajas y Medias
RB Alberto Manuel Brenes	37,72	79,69	100,00	2,17	Tierras Medias
PN Internacional La Amistad	74,99	67,80	70,91	2,14	Tierras Altas y Medias
RB Cerro Las Vueltas	26,86	100,00	84,31	2,11	Tierras Altas
PN Tortuguero	95,88	0,00	99,72	1,96	Tierras Bajas
PN Barra Honda	95,29	0,00	100,00	1,95	Tierras Bajas
PN Los Quetzales	8,22	98,98	84,19	1,91	Tierras Altas y Medias
RB Hitoy Cerere	59,29	31,35	96,25	1,87	Tierras Bajas
PN Las Baulas Guanacaste	36,25	100,00	44,54	1,81	Tierras Bajas
RB Est. Las Nubes (privado)	0,00	80,77	100,00	1,81	Tierras Medias
PN Tapantí-Macizo Cerro la Muerte	72,48	59,69	46,47	1,79	Tierras Altas

Continuación Cuadro 8					
Área Silvestre Protegida	Porcentaje (%) de la extensión terrestre que sufrirá cambio en la precipitación anual	Porcentaje (%) de la extensión terrestre que sufrirá cambio en la temperatura mínima anual	Porcentaje (%) de la extensión terrestre que sufrirá cambio en la temperatura máxima anual	Índice de afectación	Ubicación altitudinal predominante de las ASPs *
CPN Juan Castro Blanco	59,66	46,16	70,09	1,76	Tierras Medias y Altas
PN La Cangreja	100,00	38,48	26,46	1,65	Tierras Bajas y Medias
PN Carara	61,00	33,61	65,69	1,60	Tierras Bajas
PN Volcán Irazú	0,37	100,00	40,87	1,41	Tierras Altas
PN Piedras Blancas	46,02	46,03	23,31	1,15	Tierras Bajas
PN Marino Ballena	0,00	0,00	100,00	1,00	Tierras Bajas
PN Santa Rosa	0,29	0,00	87,03	0,87	Tierras Bajas
PN Palo Verde	0,00	0,00	75,63	0,76	Tierras Bajas
PN Diría	17,27	35,02	0,00	0,52	Tierras Bajas
PN Corcovado	20,62	0,00	0,00	0,21	Tierras Bajas
PN Cahuita	0,00	0,00	11,47	0,11	Tierras Bajas
RB Lomas de Barbudal	0,00	0,00	0,02	0,00	Tierras Bajas
PN Manuel Antonio	0,00	0,00	0,00	0,00	Tierras Bajas

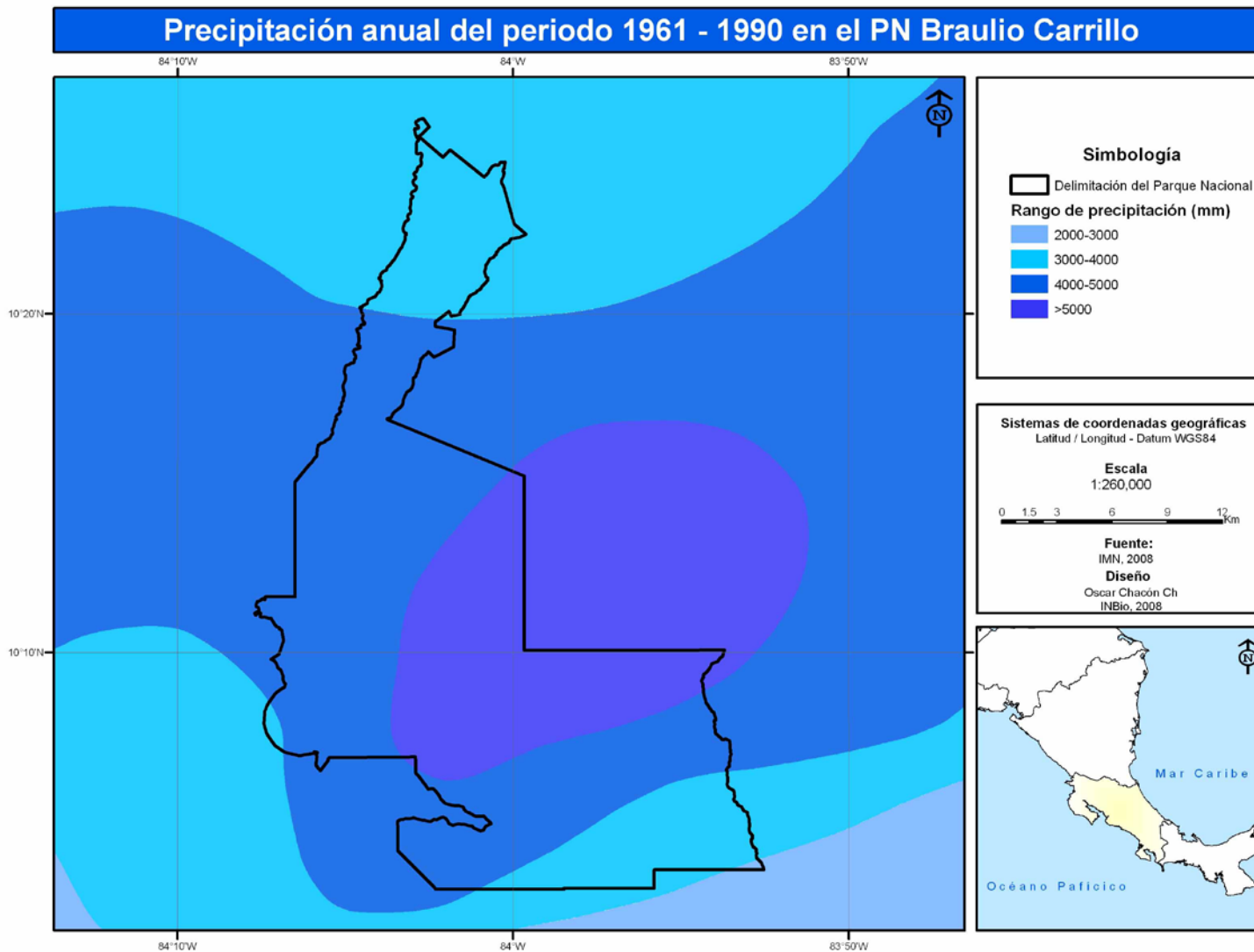


Figura 9. Isoyetas de la precipitación (mm) anual promedio. Período línea base 1961-1990, Parque Nacional Braulio Carrillo.

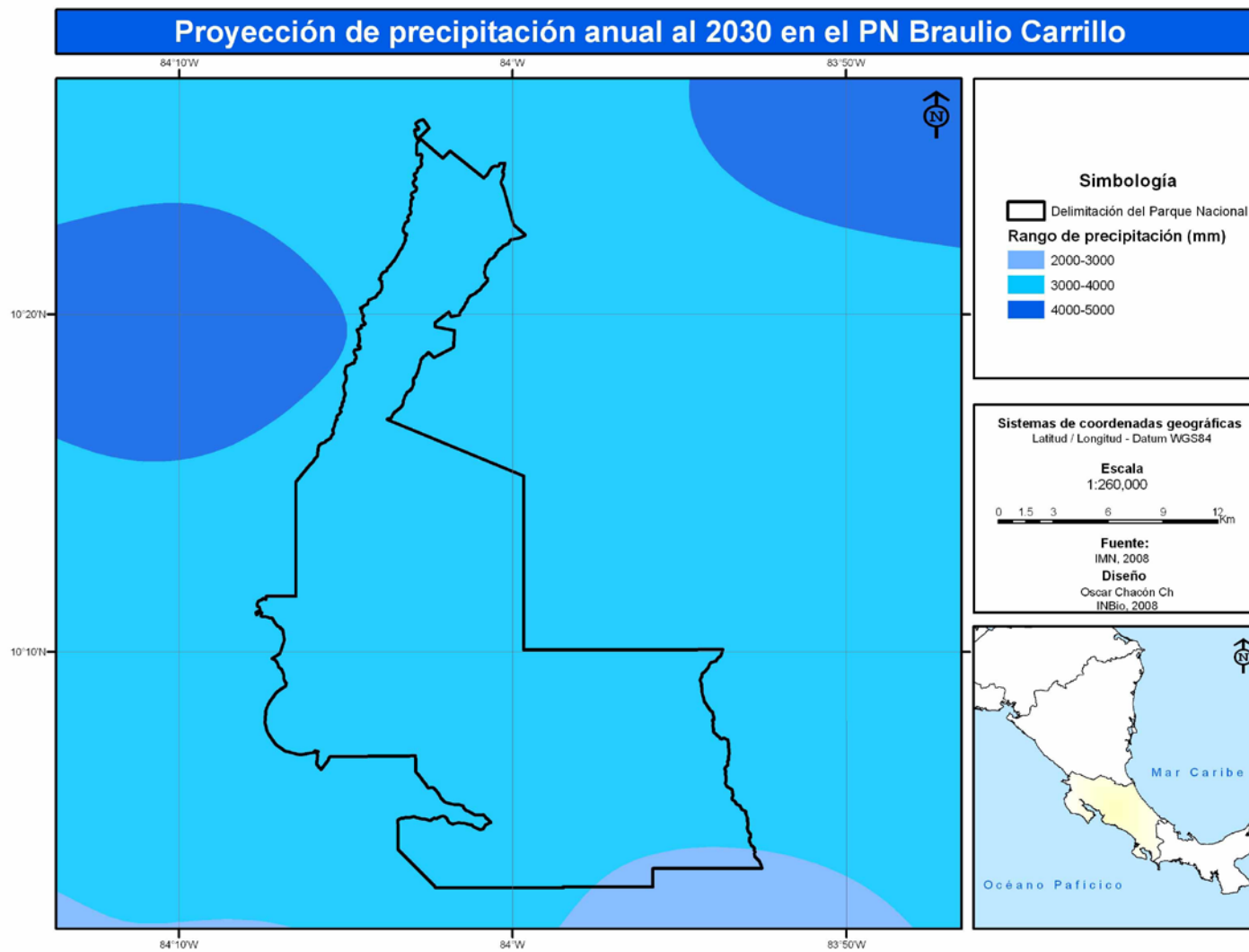


Figura 10. Isoyetas de la precipitación (mm) anual promedio. Año 2030, escenario de emisiones A2, Parque Nacional Braulio Carrillo.

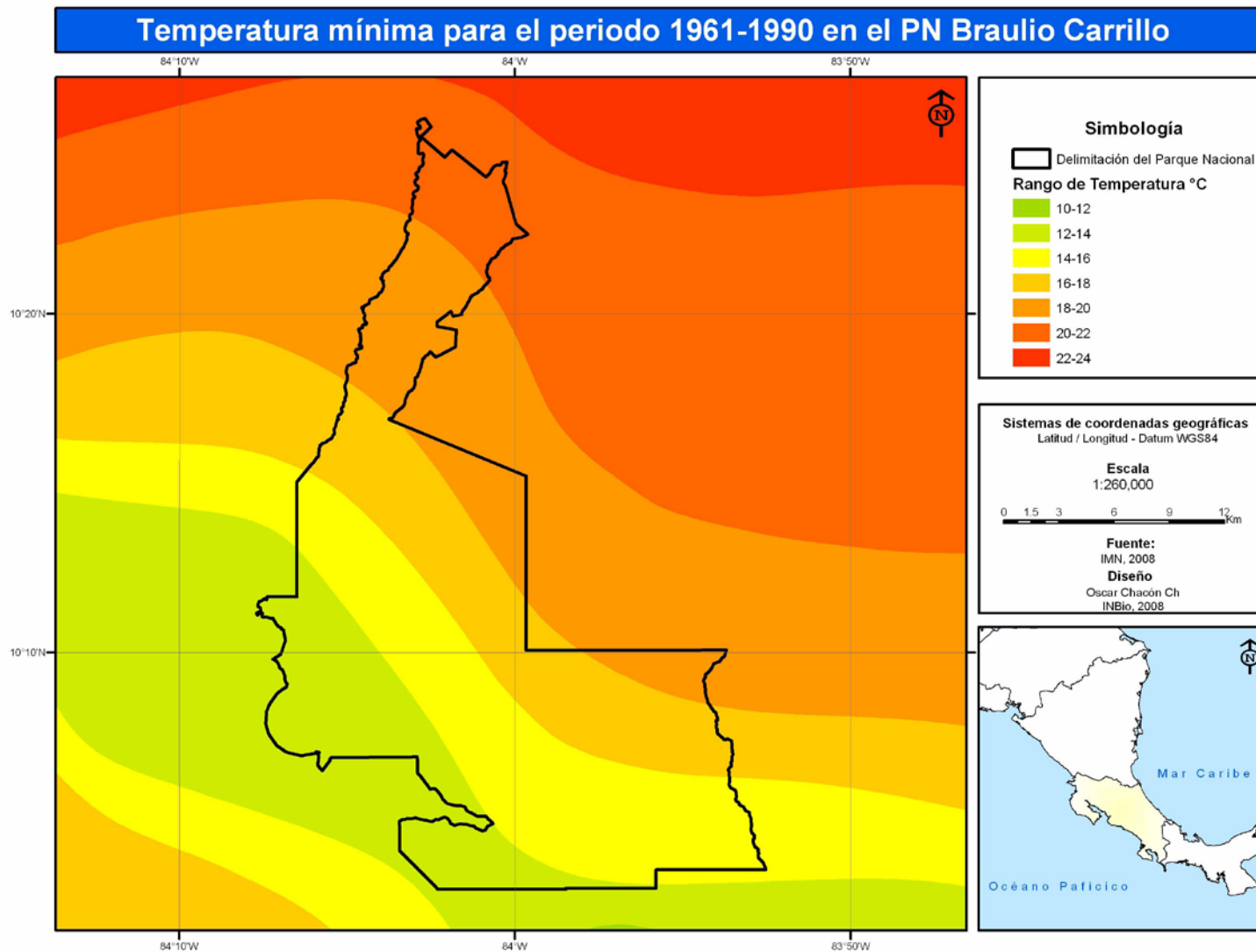


Figura 11. Isothermas de la temperatura (°C) mínima promedio. Período línea base 1961-1990, Parque Nacional Braulio Carrillo.

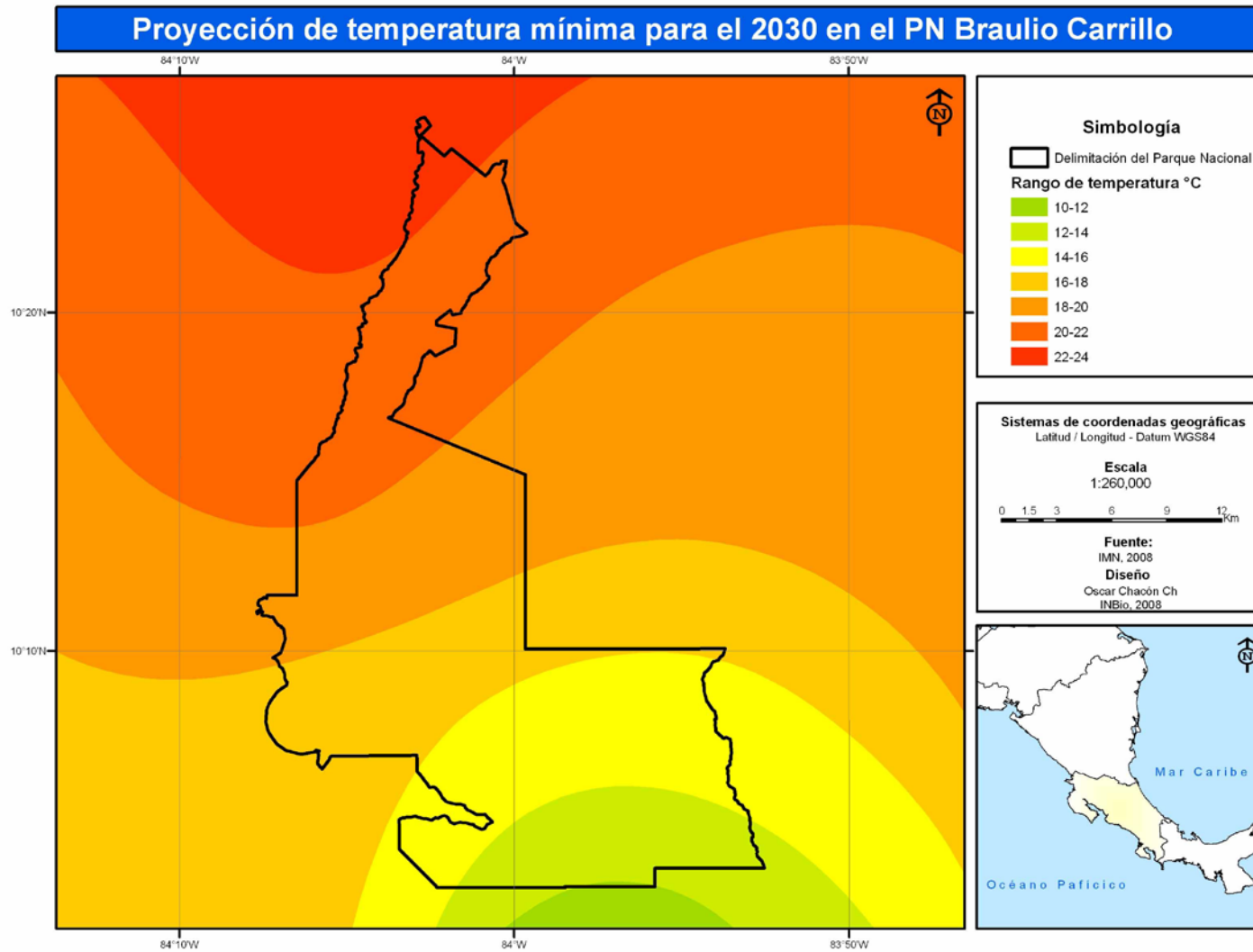


Figura 12. Isothermas de la temperatura (°C) mínima promedio. Año 2030, escenario de emisiones A2, Parque Nacional Braulio Carrillo.

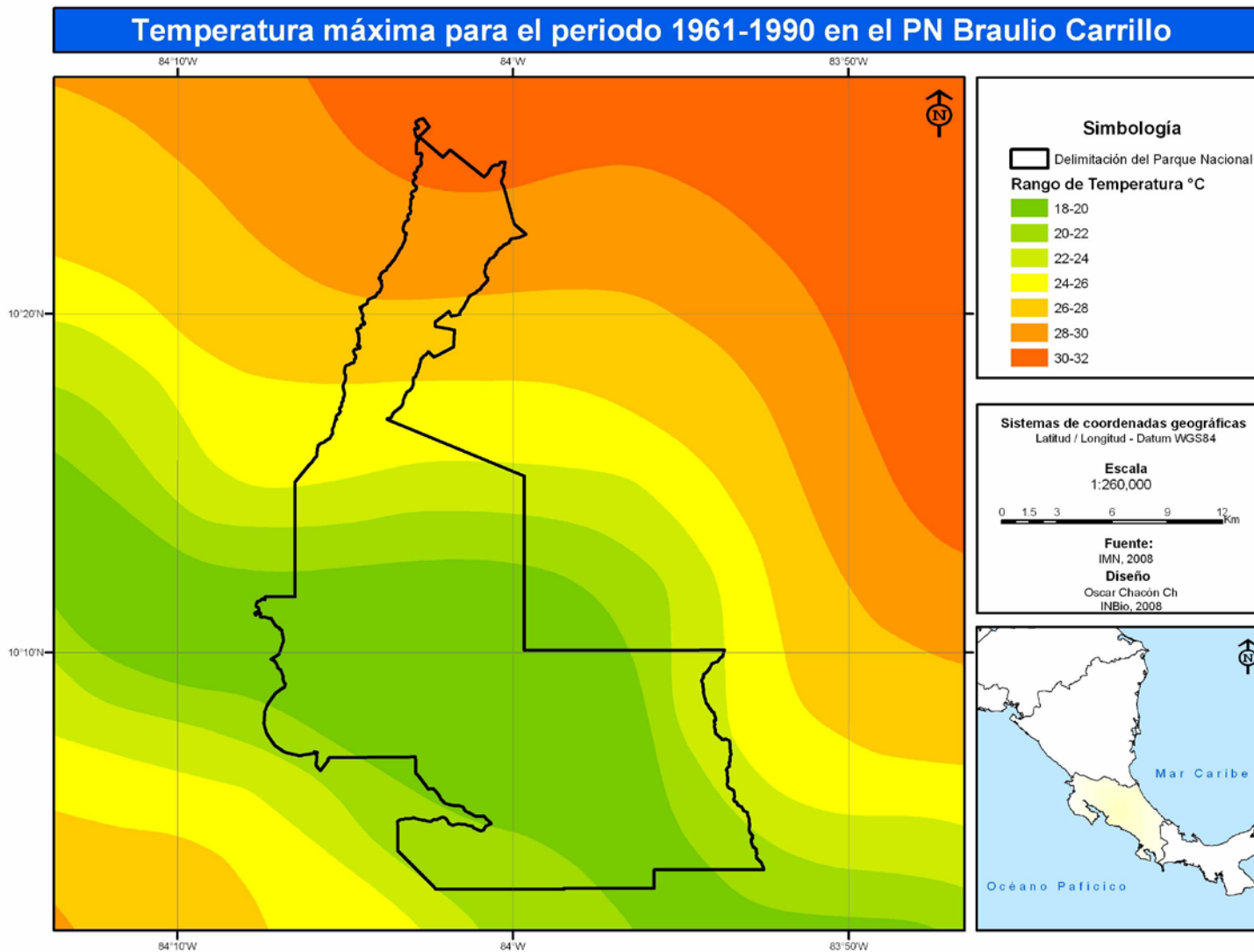


Figura 13. Isothermas de la temperatura (°C) máxima promedio. Período línea base 1961-1990, Parque Nacional Braulio Carrillo.

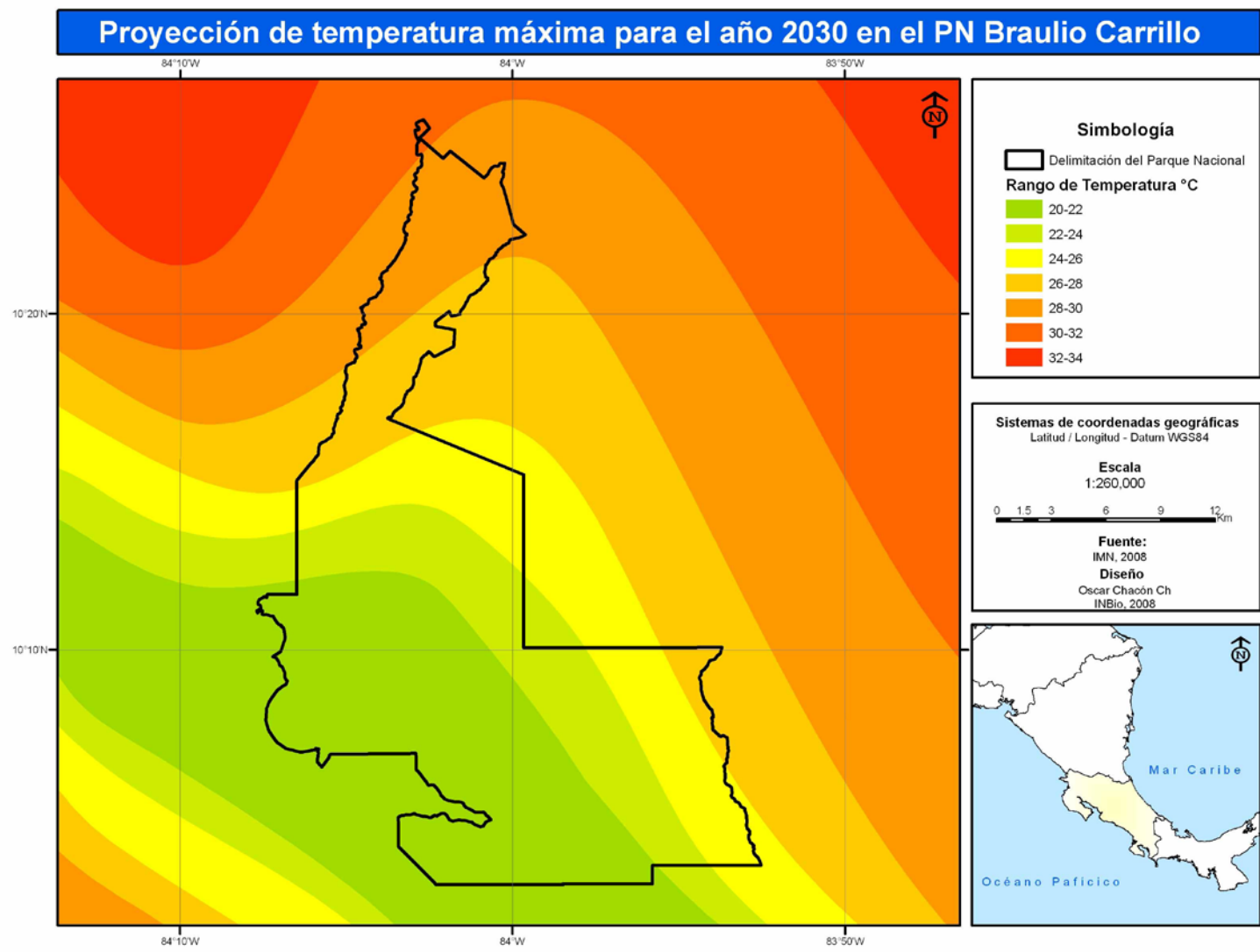


Figura 14. Isothermas de la temperatura (°C) máxima promedio. Año 2030, escenario de emisiones A2, Parque Nacional Braulio Carrillo.

3.3. Especies, vulnerabilidad futura e impactos del cambio climático sobre la biodiversidad

Como se indicó en el capítulo 1, Estado actual de la biodiversidad, en Costa Rica se conocen cerca de 91.000 especies, aproximadamente un 4,5% de las especies conocidas en el mundo (cerca de 2 millones al 2005) (Obando 2007). De éstas hay un número importante en diferentes categorías de conservación o amenaza, por ejemplo: especies con poblaciones reducidas incluye 1.539 especies de plantas (orquídeas, cactus, tilansias, zamias y helechos arborescentes), 4 grupos de corales, 4 arañas, 88 anfibios, 28 reptiles, 81 aves y 14 mamíferos; mientras que aquellas con poblaciones en peligro de extinción abarca 32 orquídeas, 2 anfibios, 6 reptiles, 17 aves y 13 mamíferos; la lista roja de especies amenazadas de la UICN registra 1 anfibio como extinto y 235 especies amenazadas, estas últimas distribuidas en las categorías de especies en peligro crítico (4 plantas, 3 peces, 20 anfibios, 2 reptiles, 1 ave y 1 mamífero); en especies en peligro (33 plantas, 11 insectos, 3 peces, 22 anfibios, 4 reptiles, 4 aves y 4 mamíferos); y especies vulnerables (67 plantas, 1 insecto, 14 peces, 20 anfibios, 2 reptiles, 12 aves y 7 mamíferos); y la lista de CITES (Convenio Internacional para el Tráfico de Especies Silvestres) registra en el apéndice I: 7 plantas, 1 anfibio, 8 reptiles, 7 aves y 18 mamíferos; en el apéndice II: 1.523 plantas, 4 peces, 5 anfibios, 7 reptiles, 126 aves y 20 mamíferos; y en el apéndice III: 1 planta, 9 reptiles, 17 aves y 15 mamíferos. Las listas de los apéndices suman 1.768 especies.

Dada esta gran cantidad de especies, para este estudio se seleccionaron 16 especies para desarrollar un análisis de los cambios en la distribución potencial de las especies con base en las tres variables climáticas suministradas por el IMN, a saber: precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima. Los criterios para la selección de las especies fueron:

- Especies representantes de los grupos de mamíferos, aves y anfibios. Los reptiles no se consideraron por no tener especies con suficiente información según el criterio siguiente.
- Especies para las cuales se contara con información (coordenadas geográficas) de varios sitios en donde ocurren actualmente.
- Especies endémicas o amenazadas según la lista roja de UICN.
- Especies cuya distribución fuera representativa de las especies de su grupo en un área determinada (Pacífico Sur, Pacífico Norte, Vertiente Caribe o zona montañosa)

En el cuadro 9 se presentan las especies seleccionadas así como las características de distribución en el país y su estado de conservación.

Los mapas de distribución potencial se generaron mediante el algoritmo GARP (Genetic Algorithm Rule Set Production), que correlaciona datos de ocurrencia de una especie (longitud y latitud) con variables ambientales como altitud, precipitación y temperatura, para producir un modelo del nicho ecológico de esa especie, expresado en un mapa que muestra la probabilidad de ocurrencia de la misma en un área determinada.

El GARP correlaciona los datos de ocurrencia con la información ambiental mediante algoritmos genéticos, una técnica de inteligencia artificial, dando como resultado un conjunto de reglas que expresan las condiciones en las cuales una especie puede sobrevivir (p. ej., Temperatura alta y Precipitación baja → Especie presente). El GARP produce varios modelos para una misma especie, de los cuales se selecciona luego un subconjunto de los que reúnen las mejores características desde el punto de vista estadístico. GARP divide los datos de ocurrencia en dos grupos: uno de entrenamiento, para construir el modelo, y uno de evaluación, para medir su precisión.

Para cada una de las especies estudiadas se generaron dos mapas: el mapa de distribución potencial con base en el clima actual (variables climáticas temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación anual período línea base 1961-1990) y el mapa de distribución potencial proyectada (variables climáticas temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación anual 2030, escenario A2). Cada uno de estos mapas se construyó seleccionando los 10 mejores modelos obtenidos.

Se calcularon los siguientes indicadores para cada mapa de distribución generado con base en el clima actual:

- Error de omisión: Porcentaje de puntos de ocurrencia del conjunto de evaluación que no fueron predichos correctamente por el algoritmo.
- Chi cuadrado: Mide la significatividad estadística del modelo. Puede interpretarse como la probabilidad de que la precisión lograda sea producto del azar.
- Área apta en el presente para la sobrevivencia de la especie: Es el área mostrada en el mapa que un mínimo de 9 de los 10 modelos predicen como apta. Se expresa mediante la cantidad de celdas que cumplen esa característica en el mapa "raster" de distribución potencial con base en el clima actual. Cada celda corresponde a un área de 0,8 x 0,8 segundos (un kilómetro cuadrado, aproximadamente).
- Área apta en el futuro para la sobrevivencia de la especie: Es el área mostrada en el mapa que un mínimo de 9 de los 10 modelos predicen como apta. Se expresa mediante la cantidad de celdas que cumplen esa característica en el mapa "raster" de distribución potencial con base en el clima futuro. Cada celda corresponde a un área de 0,8 x 0,8 segundos (un kilómetro cuadrado, aproximadamente).
- Diferencia: Área apta en el presente – área apta en el futuro.

En el cuadro 10 se observan las diferencias en hectáreas obtenidas entre la distribución potencial según la línea base 1961-1990 y el 2030, escenario A2. Para cuatro especies el área de distribución potencial desaparece del país (*Amazilia boucardi*, *Incilius aucoinae*, *Oophaga granulifera* y *Phyllobates vittatus*); en el caso de *Carpodectes antoniae* se reduce a 877 ha, lo que representa una reducción del 92.65%; 3 especies presentan variaciones entre 40 y 50% (*Ara ambiguus*, *Saimiri oerstedii*, *Smilisca puma*); *Habia atrimaxilaris* presenta una reducción del 30%, y *Touit costaricensis* presenta una reducción del 8% y *Cryptotis gracilis* presenta una variación de menos del 1%; 4 especies un aumento en el área de distribución potencial de entre 34 y 36% (*Cephalopterus glabricollis*, *Craugastor podiciferus*, *Oedipina poelzi* y *Isthmohyla picadoi*); y una especie presenta un aumento en el área de distribución potencial del 84,36% (*Caluromys derbianus*).

Cuadro 9. Especies seleccionadas para medición de cambios en la distribución potencial con base en tres variables climáticas (precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima).

Especie	Características
<i>Amazilia boucardi</i> (Colibrí, gorrión, amazilia manglera)	<ul style="list-style-type: none"> - Especie endémica, restringida a manglares a lo largo de la costa del Pacífico desde el Golfo de Nicoya hacia el sur hasta el Golfo Dulce (Puerto Jiménez). - Es considerada una especie bajo amenaza de extinción debido a la pérdida de su hábitat por la deforestación. Está protegida y regulada por la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317, la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 y el decreto No. 26435-MINAE. Asimismo está incluida en el Apéndice II del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES).
<i>Ara ambiguus</i> (Lapa verde)	<ul style="list-style-type: none"> - De acuerdo con Stiles & Skutch (1989), la lapa verde históricamente anidaba a lo largo de los bosques de tierras bajas del Caribe costarricense. Entre finales de 1993 e inicios de 1994, después de una búsqueda extensiva en el noreste de Costa Rica, miembros del Proyecto de Investigación y Conservación de la Lapa Verde y el ornitólogo Julio Sánchez identificaron unos 1.000 kilómetros cuadrados como área de anidamiento significativa de la especie en Costa Rica. Asumiendo que el rango histórico propuesto por Stiles & Skutch es correcto, el rango actual reproductivo representa una reducción del hábitat reproductivo mayor al 90%. - Se encuentra en el apéndice I de CITES, declarándose en peligro de extinción. En el caso de Costa Rica y según estudios realizados por el Proyecto de Investigación y Conservación de la Lapa Verde en la Zona Norte, sólo quedaba hasta el año 2003 una población reproductiva de 25-35 parejas. La amenaza más grave que pone en peligro a esta ave en todos los países donde habita es la pérdida del hábitat, como resultado de la deforestación y destrucción del bosque. En Costa Rica, como una estrategia de conservación para rescatar la población remanente de esta especie, se está trabajando en la consolidación del Corredor Biológico San Juan-La Selva y el establecimiento del propuesto Parque Nacional Maquenque en la Zona Norte correspondiendo con el área de anidamiento de la especie.
<i>Caluromys derbianus</i> (Zorro de balsa)	<ul style="list-style-type: none"> - Se estima que se encuentra en las tierras bajas y medias a lo largo de las vertientes del Caribe y del Pacífico. Se han reportado entre los 40 y 600 m.s.n.m., de altitud. Bosques húmedos, secos, nubosos y también en bosques secundarios.
<i>Carpodectes antoniae</i> (Cotinga piquiamarilla)	<ul style="list-style-type: none"> - Es una especie residente al sur de la vertiente del Pacífico, desde la boca del río Tárcoles hacia el sur. Es común localmente, sobre todo en los manglares extensos donde posiblemente anida, aunque es evidente que se desplaza a grandes distancias. Ascende hasta los 750 m.s.n.m. - Considerada una especie bajo amenaza de extinción debido a la pérdida de su hábitat por la deforestación. Está protegida y regulada por la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317, la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 y el decreto No. 26435-MINAE.
<i>Cephalopterus glabricollis</i> (Pájaro danta, pájaro-sombrilla cuellinudo)	<ul style="list-style-type: none"> - Es una especie poco común y local. Pasa la mayor parte del año en el pie de monte del Caribe y las zonas bajas aledañas (hacia el norte se extiende por lo menos hasta el Volcán Miravalles). Las hembras se mantienen principalmente por debajo de los 200 m.s.n.m. y los machos entre los 100 y

Especie	Características
	<p>los 500 m.s.n.m. Emigran hacia las elevaciones medias y altas para anidar localmente entre los 800 y los 2000 m.s.n.m.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Considerada una especie bajo amenaza de extinción, debido a la pérdida de su hábitat por la deforestación. Está protegida y regulada por la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317, la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 y el decreto No. 26435-MINAE.
<p><i>Craugastor podiciferus</i> (Ranita, sapito)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - En las tierras medias y altas de las cordilleras de Tilarán, Volcánica Central y Talamanca, entre 1.080 y 2.650 m.s.n.m. (Savage 2002). - Considerada una especie bajo amenaza de extinción y está protegida y regulada por la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317, además de la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 y el decreto No. 26435-MINAE.
<p><i>Cryptotis gracilis</i> (musaraña)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tierras medias y altas del país, entre los 1500 y 3300 m.s.n.m., por ej. cabeceras del Río Lari (Talamanca), Cerro de la Muerte y Monteverde. - Amenazado.
<p><i>Habia atrimaxillaris</i> (Tangara hormiguera carinegra)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Especie endémica. Se localiza en las bajuras del Golfo Dulce, y cada vez es más escasa debido a la reducción de su hábitat boscoso. Es bastante común donde aún existe bosque, en las bajuras de la Península de Osa, aunque dentro de pocos años posiblemente toda la población quedará restringida al Parque Nacional Corcovado y al Refugio Nacional de Vida Silvestre Golfito-Parque Nacional Piedras Blancas. - Es una especie en peligro de extinción, debido a la pérdida de su hábitat por la deforestación. Está protegida y regulada por la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317, la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 y el decreto No. 26435-MINAE.
<p><i>Incilius aucoinae</i> (sapo)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Especie endémica. Se encuentra en las tierras bajas y húmedas al centro y sur de la vertiente Pacífica, desde el río Tárcoles hasta la frontera con Panamá. - Se clasifica como de "preocupación menor".
<p><i>Isthmohyla picadoi</i> (Rana)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - En las tierras húmedas y altas de las cordilleras Volcánica Central y de Talamanca, entre los 1.920 y 2.770 m.s.n.m. de elevación (Savage 2002). - Amenazado.
<p><i>Oedipina poelzi</i> (Salamandra)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Endémica. En las tierras húmedas, medias y altas, de las Cordilleras de Tilarán, Volcánica Central y Talamanca, entre los 770 y 2.050 m. de elevación (Savage 2002). - Amenazado.
<p><i>Oophaga granulifera</i> (rana venenosa, sapito venenoso)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - En las tierras bajas y húmedas al centro (desde Quepos) y sur de la vertiente Pacífica (excluyendo la cuenca alta y media del río de Térraba); entre 20 y 100 m.s.n.m. (Savage, 2002) - Considerada como una especie amenazada de extinción y está protegida y regulada por la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317, además de la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 y el decreto No. 26435-MINAE. Se encuentra en el Apéndice II de la Convención sobre Tráfico Internacional de Especies Amenazadas (CITES).
<p><i>Phyllobates vittatus</i> (Rana)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Endémica. En las tierras bajas y húmedas al sur de la vertiente Pacífica, entre 20 y 550 m.s.n.m.

Especie	Características
venenosa, sapo venenoso)	<p>(Savage 2002).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es considerada como una especie amenazada de extinción y está protegida y regulada por la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317, además de la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 y el decreto No. 26435-MINAE. Se incluye en el Apéndice II de la Convención sobre Tráfico Internacional de Especies Amenazadas (CITES).
<i>Saimiri oerstedii</i> (Mono ardilla, tití)	<ul style="list-style-type: none"> - Tierras bajas del Pacífico Central (Parque Nacional Manuel Antonio) y al sur de la vertiente pacífica. Se localizan desde el nivel del mar hasta los 500 m.s.n.m. - Es considerada como la especie de mono más amenazada en América Central. En Costa Rica, <i>S. o. oerstedii</i> se considera una subespecie en peligro de extinción, principalmente porque son capturados y vendidos como mascotas y por la pérdida de su hábitat por la deforestación. Asimismo, <i>S. o. citrinellus</i> (subespecie endémica de Costa Rica) está considerada como una subespecie en peligro de extinción tanto por la presión de cacería, como a la pérdida de su hábitat para la construcción de infraestructura turística, alrededor del Parque Nacional Manuel Antonio. Está protegida y regulada por la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317, la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 y el decreto No. 26435-MINAE. Asimismo está incluida en el Apéndice I del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES).
<i>Smilisca puma</i> (Rana)	<ul style="list-style-type: none"> - Se encuentran en las tierras bajas del Caribe de Costa Rica y la parte adyacente de Nicaragua. - Amenazado.
<i>Touit costaricensis</i> (Periquito alirrojo)	<ul style="list-style-type: none"> - Especie residente poco común en las laderas de la Cordillera Volcánica Central y la Cordillera de Talamanca; visita localmente las partes altas del lado del Pacífico durante la estación seca. Efectúa movimientos estacionales pronunciados y puede llegar a registrarse a 3000 m.s.n.m. en el Cerro de la Muerte, a comienzos de la estación seca. Durante las lluvias es regular entre los 500 y los 1000 m.s.n.m. En ocasiones se extiende hasta el nivel del mar, sobre todo en la parte sureste (Limón). - Es considerada una especie bajo amenaza de extinción y está protegida y regulada por la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317, la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 y el decreto No. 26435-MINAE. Asimismo está incluida en el Apéndice II del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES).

Cuadro 10. Cambios esperados en la distribución potencial de 16 especies en Costa Rica con base en tres variables climáticas (precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima).

Especie	Error de omisión	Chi ²	Área apta en el presente	Área apta en el futuro	Diferencia	%
<i>Amazilia boucardi</i>	0	0,0003761	16394	0	-16394	-100,00
<i>Ara ambiguus</i>	17,6923077	0,03986063	20098	11844	-8254	-41,07
<i>Caluromys derbianus</i>	33,5294118	0,18637826	9215	16989	7774	84,36
<i>Carpodectes antoniae</i>	16,1666667	0,02861372	11930	877	-11053	-92,65
<i>Cephalopterus glabricollis</i>	4,61538462	2,64E-05	14606	19655	5049	34,57
<i>Craugastor podiciferus</i>	5,91836735	5,76E-25	10409	14187	3778	36,30
<i>Cryptotis gracilis</i>	7,5	1,07E-18	4679	4656	-23	-0,49
<i>Habia atrimaxilaris</i>	0	1,80E-09	7238	5082	-2156	-29,79
<i>Incilius aucoinae</i>	9,72307692	9,92E-13	11772	0	-11772	-100,00
<i>Isthmohyla picadoi</i>	4,54545455	2,67E-15	5129	6972	1843	35,93
<i>Oedipina poelzi</i>	6,52173913	4,20E-20	7164	9601	2437	34,02
<i>Oophaga granulifera</i>	6,66666667	1,89E-08	14346	0	-14346	-100,00
<i>Phyllobates vittatus</i>	3	8,47E-07	14346	0	-14346	-100,00
<i>Saimiri oerstedii</i>	12,8571429	0,00494283	11407	5867	-5540	-48,57
<i>Smilisca puma</i>	5,2173913	1,05E-06	22812	11844	-10968	-48,08
<i>Touit costaricensis</i>	18	0,000284284	6783	7339	-556	-8%

En las figuras de la 15 a la 46 se presentan las distribuciones potenciales según el período línea base 1961-1990 y el 2030 escenario A2.

En el caso de *Amazilia boucardi* (Figuras 15 y 16) se proyecta una disminución del área de distribución potencial al 2030 del 100%, lo que significa la desaparición de las condiciones para la sobrevivencia de esta especie, que además de ser una especie endémica restringida a los manglares, está desde ahora catalogada como bajo amenaza de extinción debido a la pérdida de su hábitat por la deforestación. Dado que el modelo se basó en tres variables climáticas, se genera un área de distribución potencial en el Caribe Norte de Costa Rica, aunque la distribución natural no tenga conectividad con esta área.

En el caso de *Ara ambiguus* (Figuras 17 y 18) se proyecta una disminución del área de distribución potencial al 2030 del 41,07%, esto se sumará a las amenazas que desde ya tiene la especie en peligro de extinción por la pérdida del hábitat, como resultado de la deforestación y destrucción del bosque. Dado que el modelo se basó en tres variables climáticas, se genera un área de distribución potencial en el Pacífico Sur de Costa Rica, aunque la distribución natural no tenga conectividad con esta área.

En el caso de *Caluromys derbianu* (Figuras 19 y 20) se proyecta un aumento del área de distribución potencial al 2030 del 84,36. Es importante señalar que este aumento proyectado en la distribución potencial viene a favorecer aún más a una especie que de por sí tiene una amplia distribución en el país.

En el caso de *Carpodectes antoniae* (Figuras 21 y 22) se proyecta una disminución del área de distribución potencial al 2030 del 92,65%, así esta especie considera bajo peligro de extinción enfrentará una amenaza mayor. Dado que el modelo se basó en tres variables climáticas, se genera un área de distribución potencial en el Pacífico Norte y Caribe Norte de Costa Rica, aunque la distribución natural no tenga conectividad con esta área.

Para *Cephalopterus glabricollis* (Figuras 23 y 24) se proyecta un aumento en su distribución potencial al 2030 del 34,57%. Esta es una consideración importante para una especie bajo amenaza de extinción y que realiza migraciones altitudinales.

Para *Craugastor podiciferus* (Figuras 25 y 26) se proyecta un aumento en su distribución potencial al 2030 del 36,30%, así esta especie de tierras de altitud media y bajo amenaza de extinción podría enfrentar una ampliación en su ámbito de distribución que podría reducir su estado de amenaza.

En el caso de *Cryptotis gracilis* (Figuras 27 y 28) se proyecta una disminución del 0,49% en el área de distribución potencial al 2030. Lo cual podría resultar no significativo en el estatus de conservación de esta especie de tierras medias a altas.

El caso de *Habia atrimaxilaris* (Figuras 29 y 30) se proyecta para el 2030 una disminución de la distribución potencial del 29,79%. Lo anterior es un factor importante de consideración para una especie en peligro de extinción.

En el caso de *Incilius aucoinae* (Figuras 31 y 32) se proyecta una desaparición de área de distribución potencial al 2030, así esta especie endémica que tiene un estatus de conservación de preocupación menor podría extinguirse. Dado que el modelo se basó en tres variables climáticas, se genera un área de distribución potencial en el Caribe Norte de Costa Rica, aunque la distribución natural no tenga conectividad con esta área.

En el caso de *Isthmohyla picadoi* (Figuras 33 y 34) se proyecta un aumento del área de distribución potencial al 2030 del 35,93%. Esto es un factor importante en el estatus de conservación de esta especie amenazada de tierras medias a altas.

Para *Oedipina poelzi* (Figuras 35 y 36) se proyecta un aumento del área de distribución potencial al 2030 del 34,02%. Un factor importante en el estatus de conservación de esta especie endémica y amenazada de tierras medias a altas.

En el caso de *Oophaga granulifera* (Figuras 37 y 38) se proyecta una disminución del área de distribución potencial al 2030 del 100%, lo que significa la desaparición de las condiciones para la sobrevivencia de esta especie que desde ya tiene el estatus de amenazada de extinción. Dado que el modelo se basó en tres variables climáticas, se genera un área de distribución potencial en la Zona Norte y Caribe de Costa Rica, aunque la distribución natural no tenga conectividad con esta área.

Phyllobates vittatus (Figuras 39 y 40) es otra de las especies para las cuales se proyecta una disminución del área de distribución potencial al 2030 del 100%. Un factor de amenaza más para esta especie amenazada de extinción. Dado que el modelo se basó en tres variables climáticas, se genera un área de distribución potencial en la Zona Norte y Caribe Costa Rica, aunque la distribución natural no tenga conectividad con esta área.

Para *Saimiri oerstedii* (Figuras 41 y 42) se proyecta una disminución de su distribución potencial al 2030 del 48,57%, lo cual es un porcentaje muy alto considerando que esta especie está catalogada como la especie de mono más amenazada en América Central. Dado que el modelo se basó en tres variables climáticas, se genera un área de distribución potencial en la Zona Norte y Caribe de Costa Rica, aunque la distribución natural no tenga conectividad con esta área.

Para *Smilisca puma* (Figuras 43 y 44) se proyecta una disminución de su distribución potencial al 2030 del 48,08%, un área importante para una especie que está amenazada de extinción. Dado que el modelo se basó en tres variables climáticas, se genera un área de distribución potencial en el Pacífico Sur de Costa Rica, aunque la distribución natural no tenga conectividad con esta área.

Para *Touit costaricensis* (Figuras 45 y 46) se proyecta una disminución en el área de distribución potencial del 8%, lo que es un factor importante dado que esta especie está catalogada como bajo amenaza de extinción.

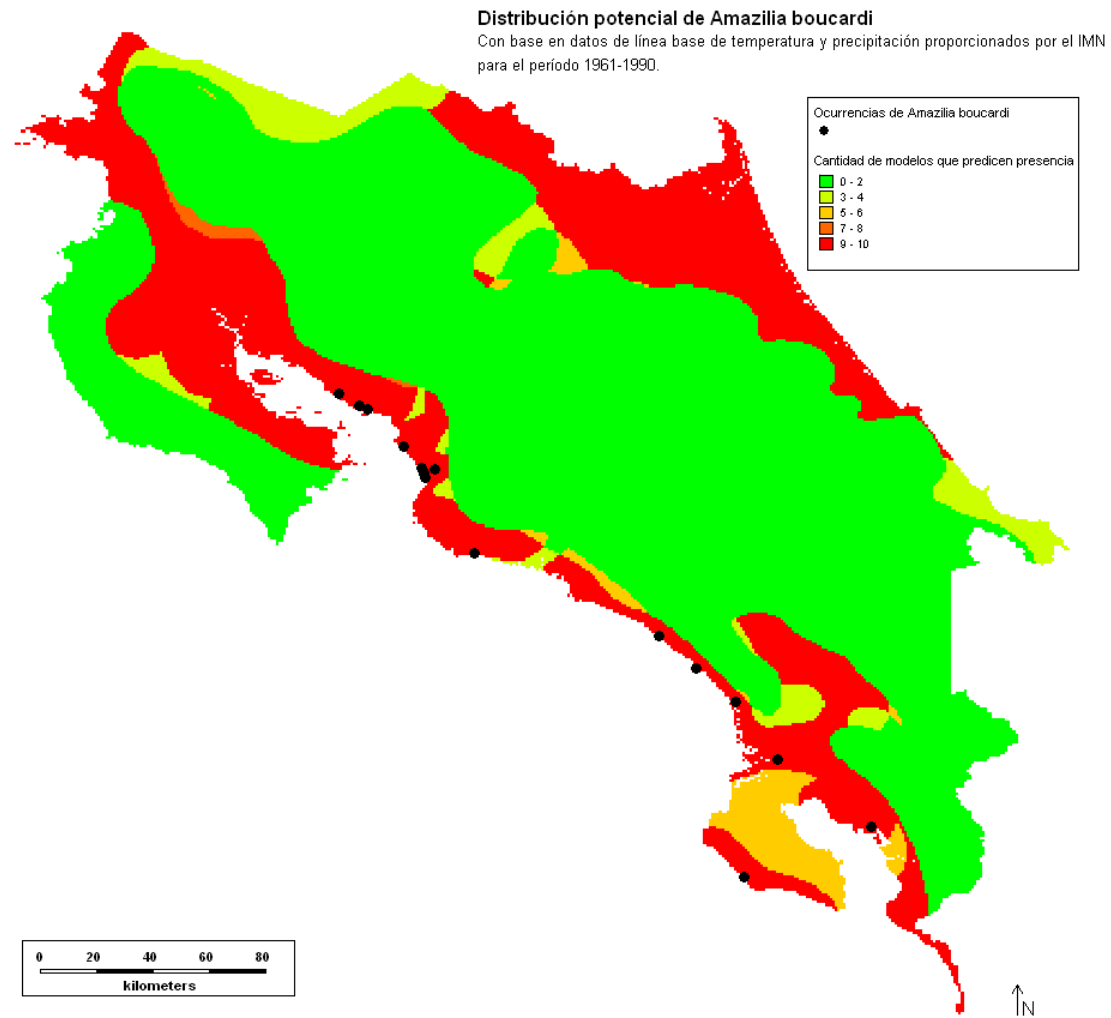


Figura 15. Distribución potencial de *Amazilia boucardi* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

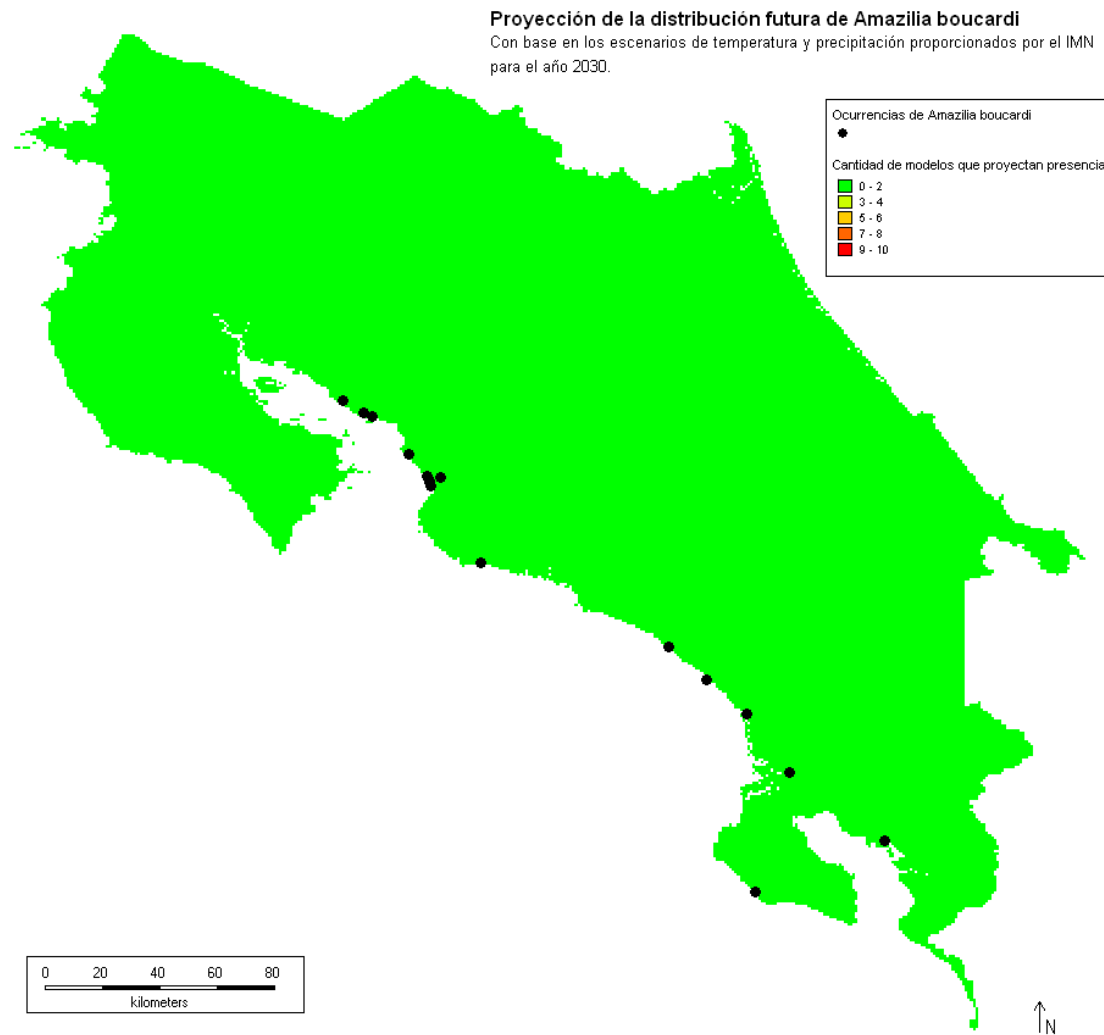


Figura 16. Distribución potencial de *Amazilia boucardi* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

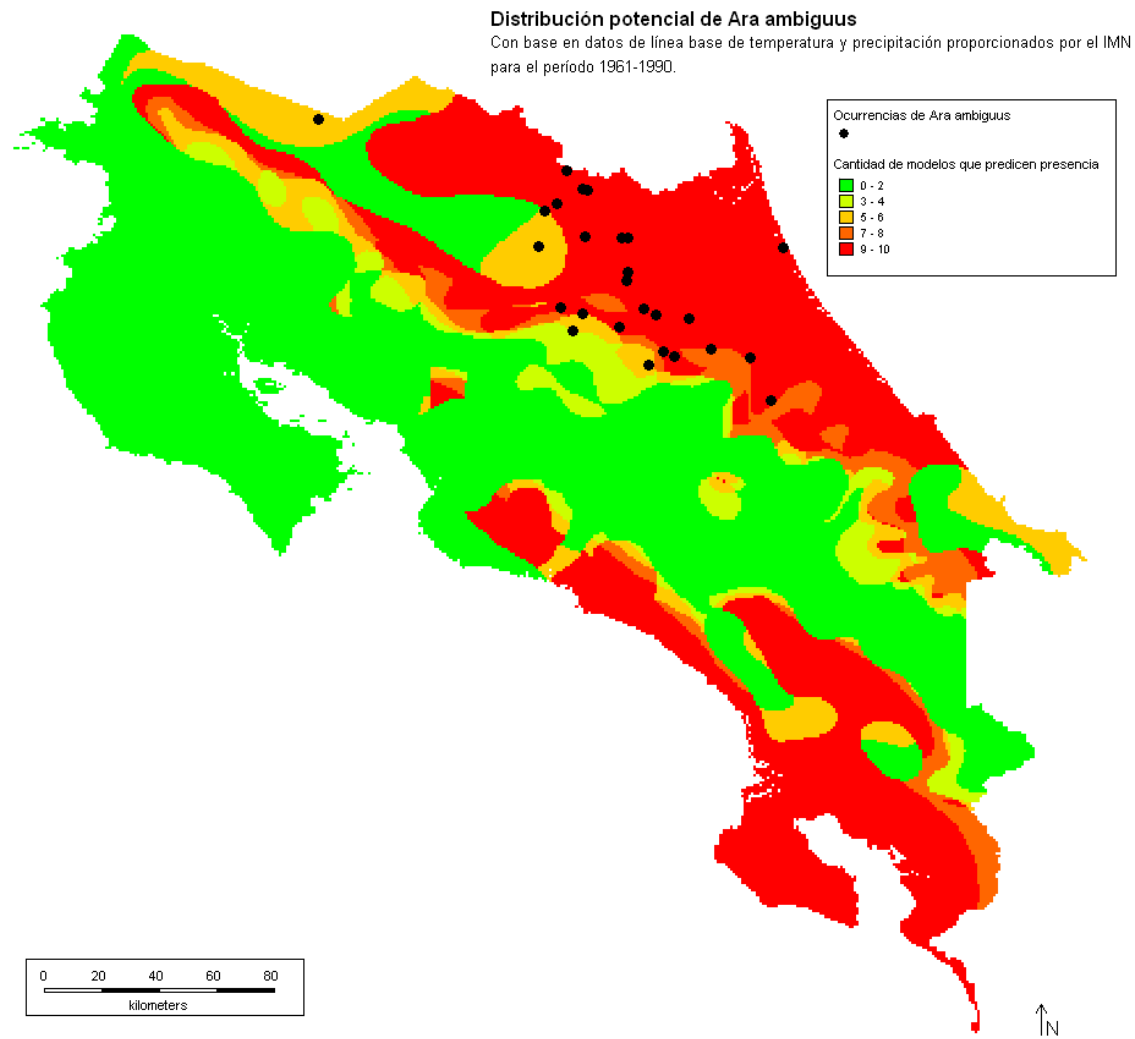


Figura 17. Distribución potencial de *Ara ambiguus* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

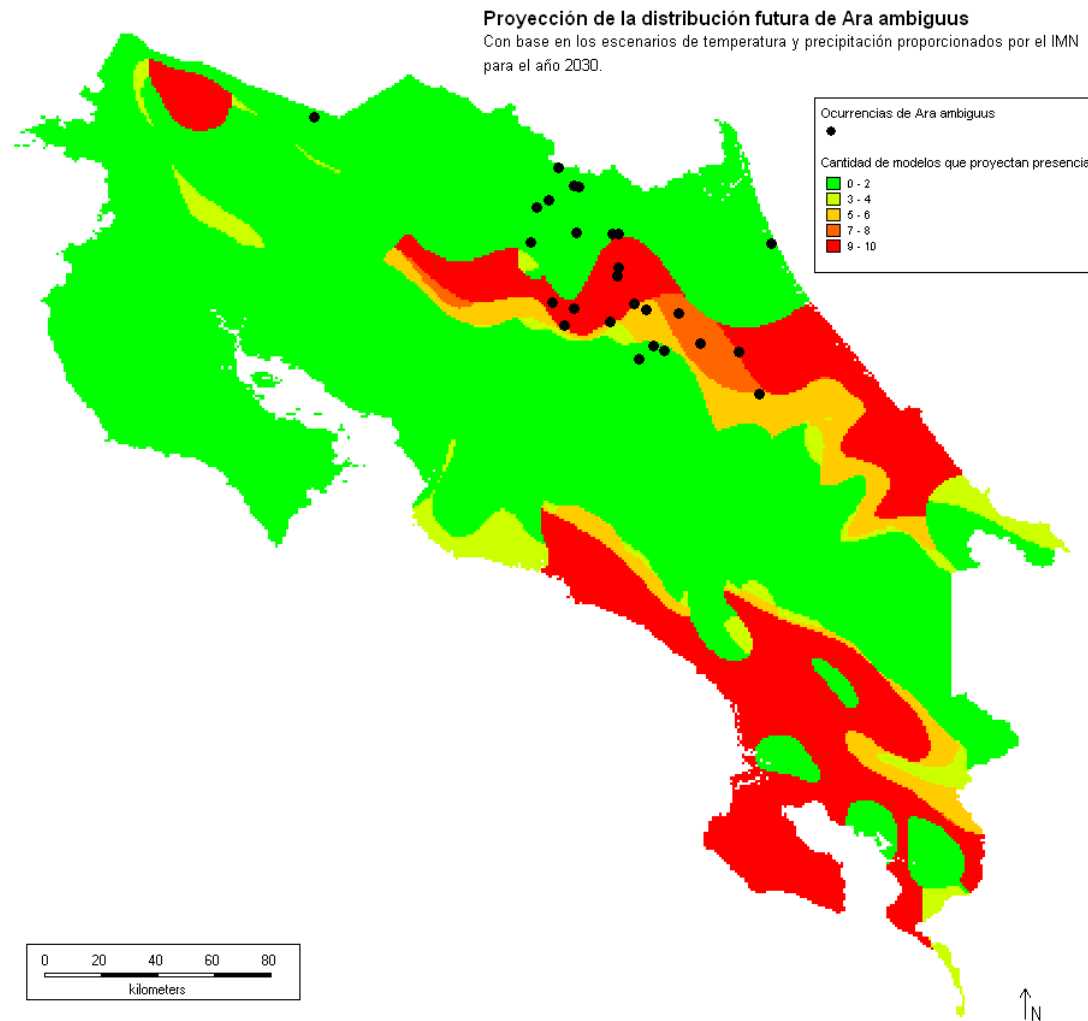


Figura 18. Distribución potencial de *Ara ambiguus* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

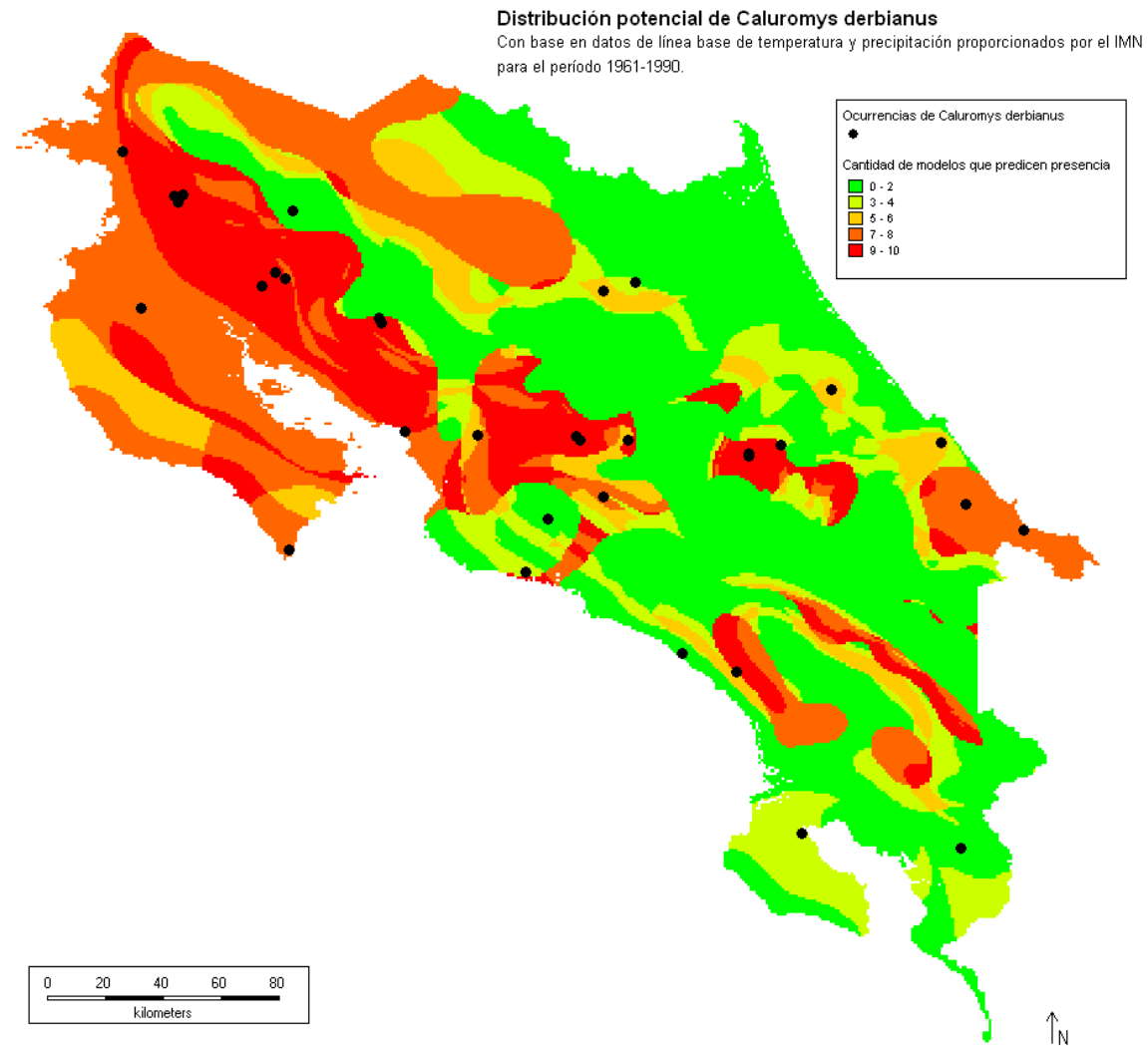


Figura 19. Distribución potencial de *Caluromys derbianus* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

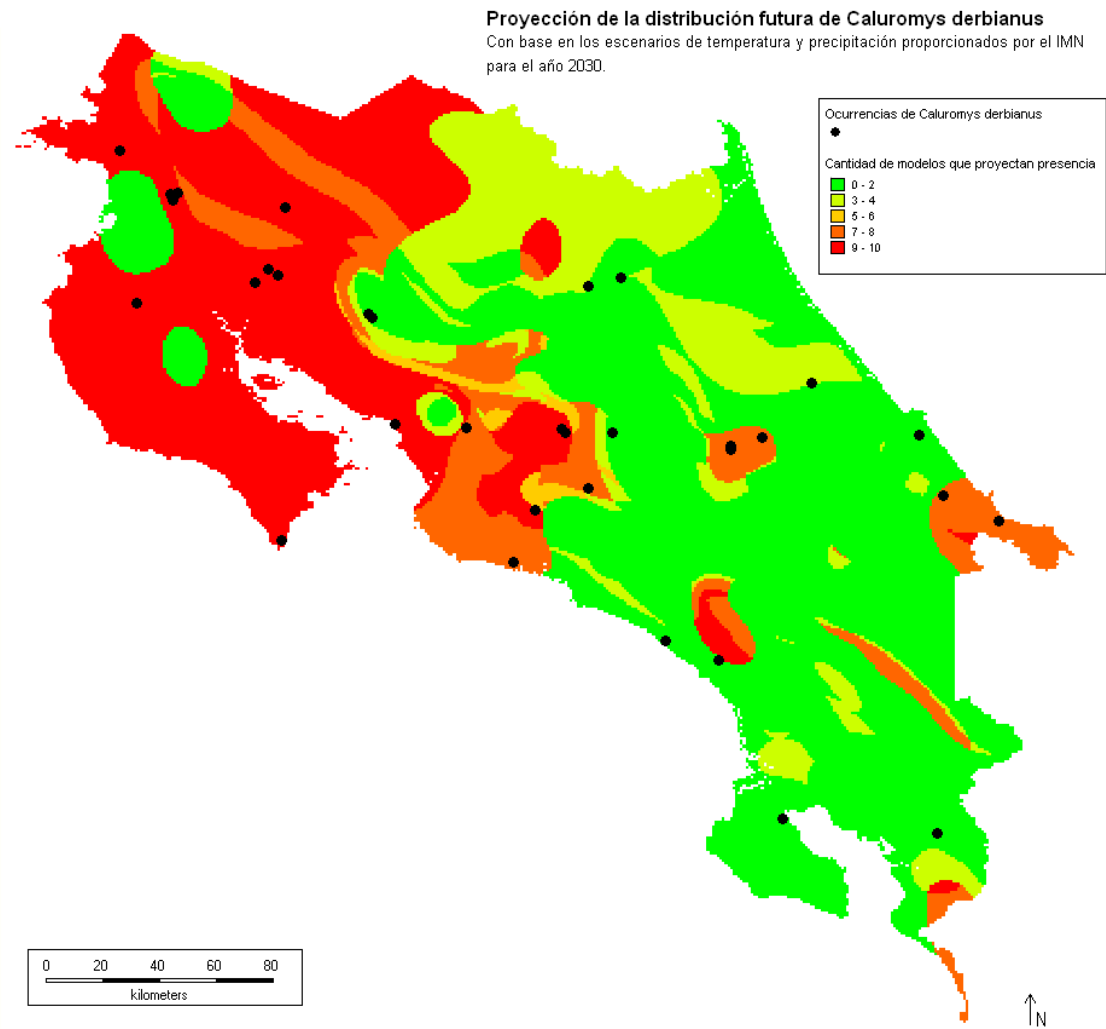


Figura 20. Distribución potencial de *Caluromys derbianus* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

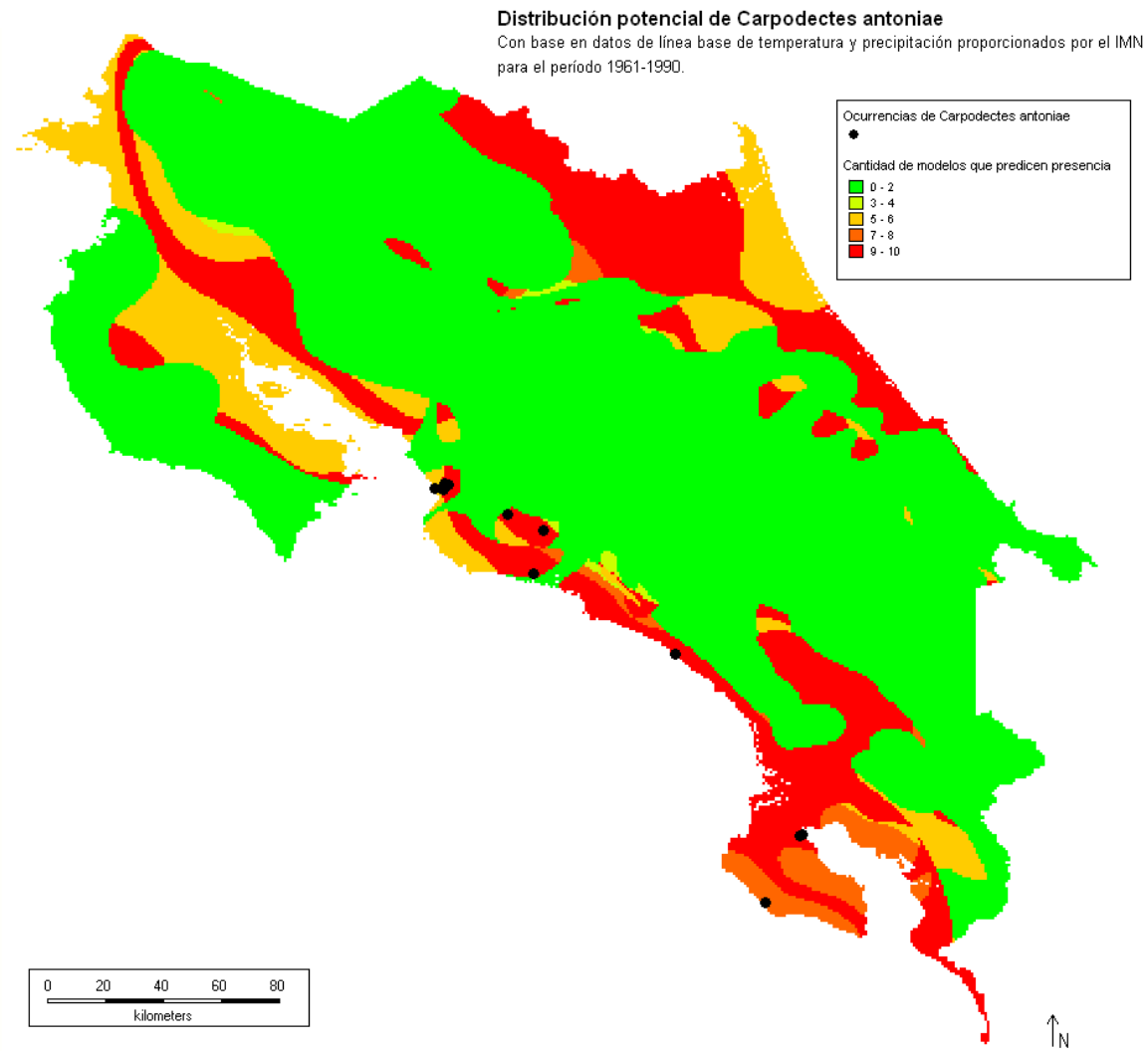


Figura 21. Distribución potencial de *Carpodectes antoniae* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

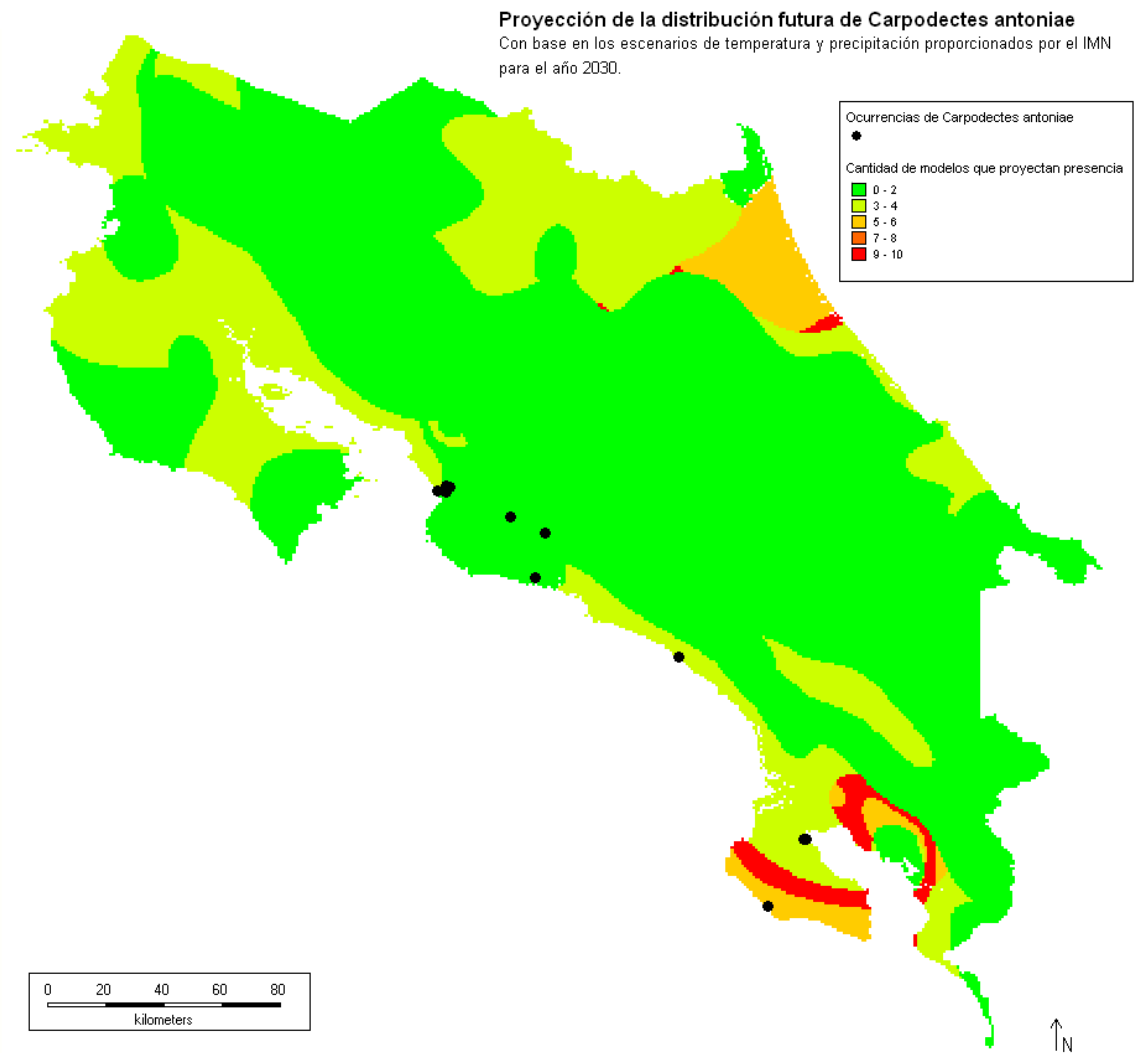


Figura 22. Distribución potencial de *Carpodectes antoniae* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

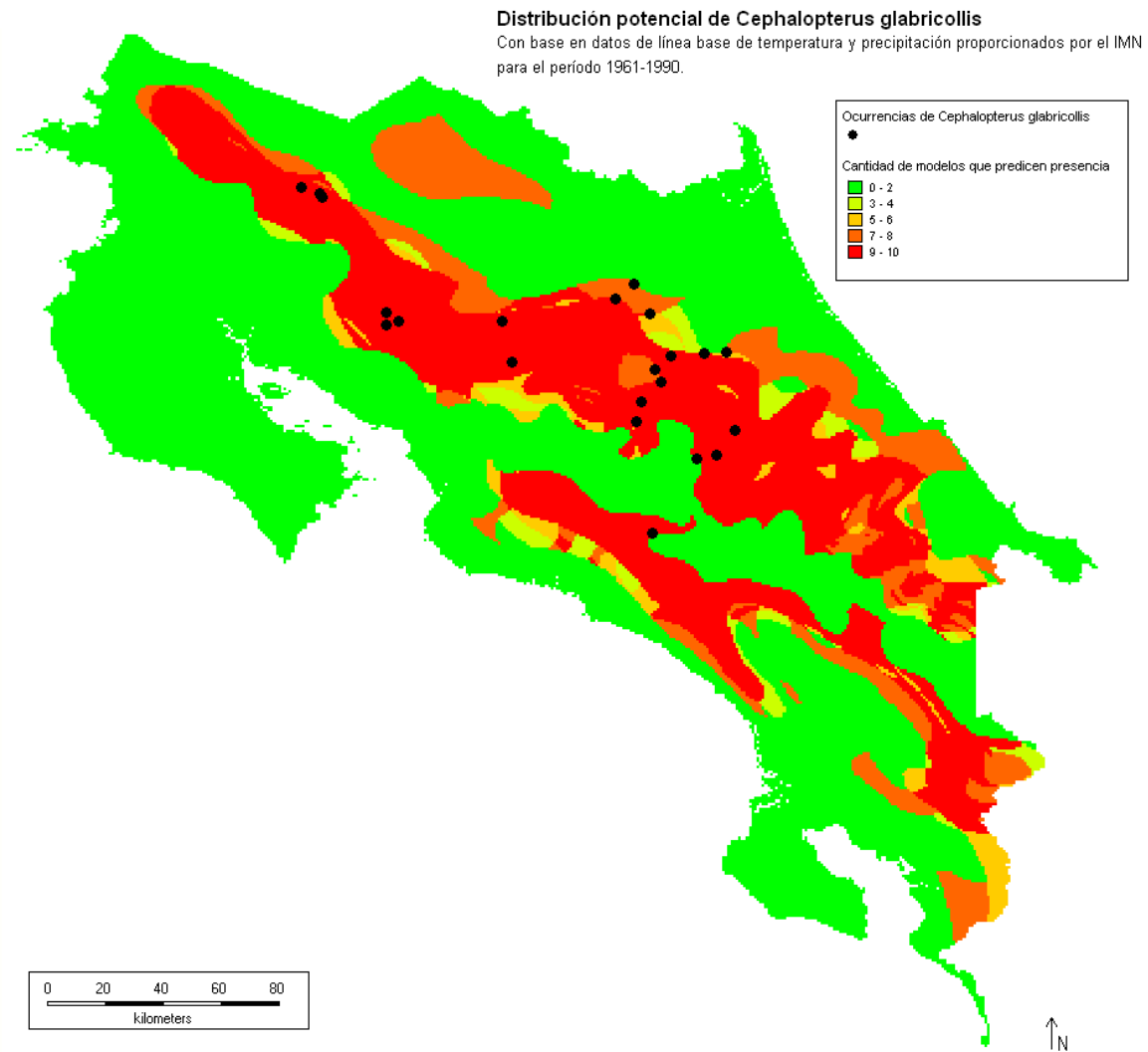


Figura 23. Distribución potencial de *Cephalopterus glabricollis* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

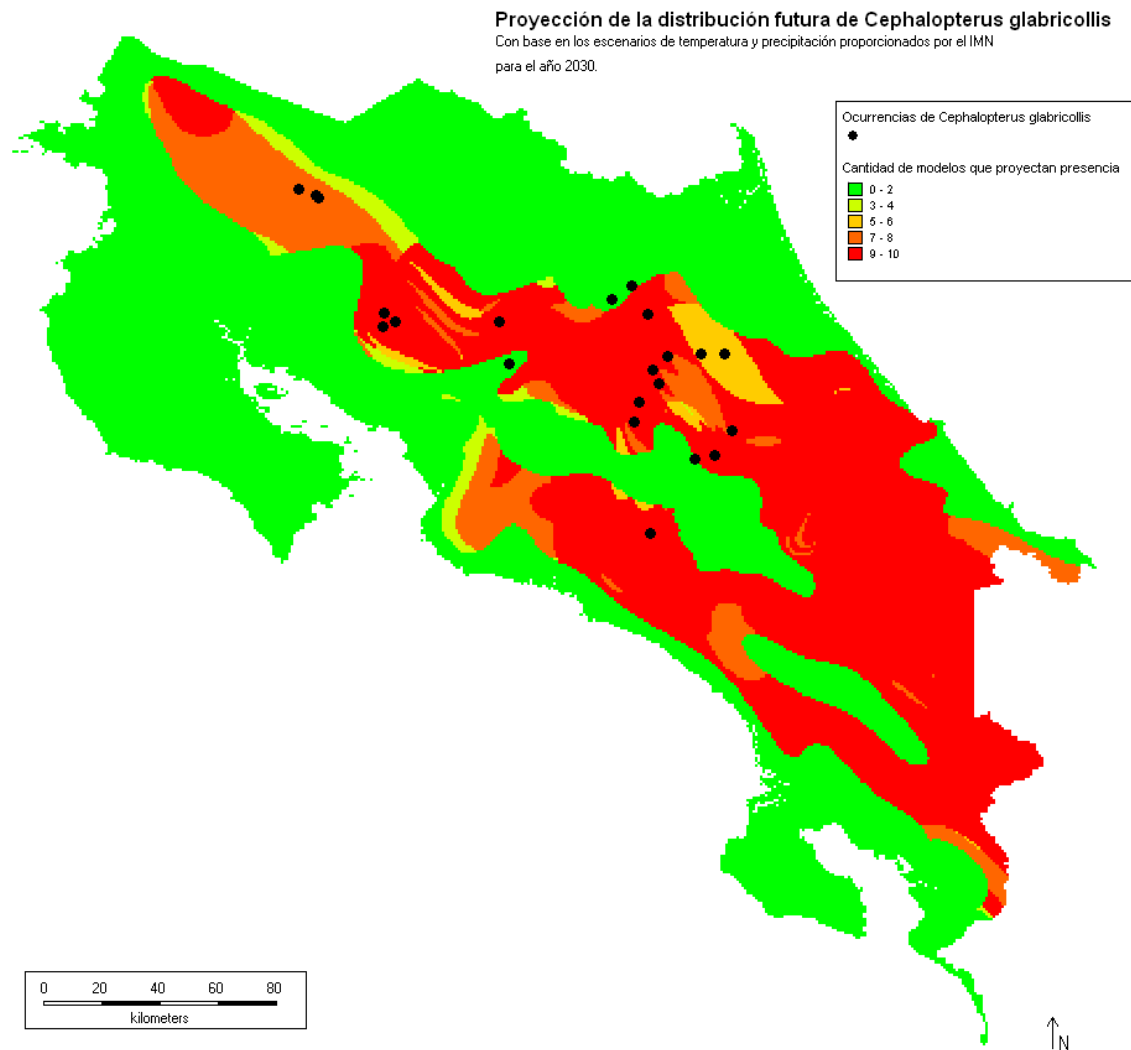


Figura 24. Distribución potencial de *Cephalopterus glabricollis* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

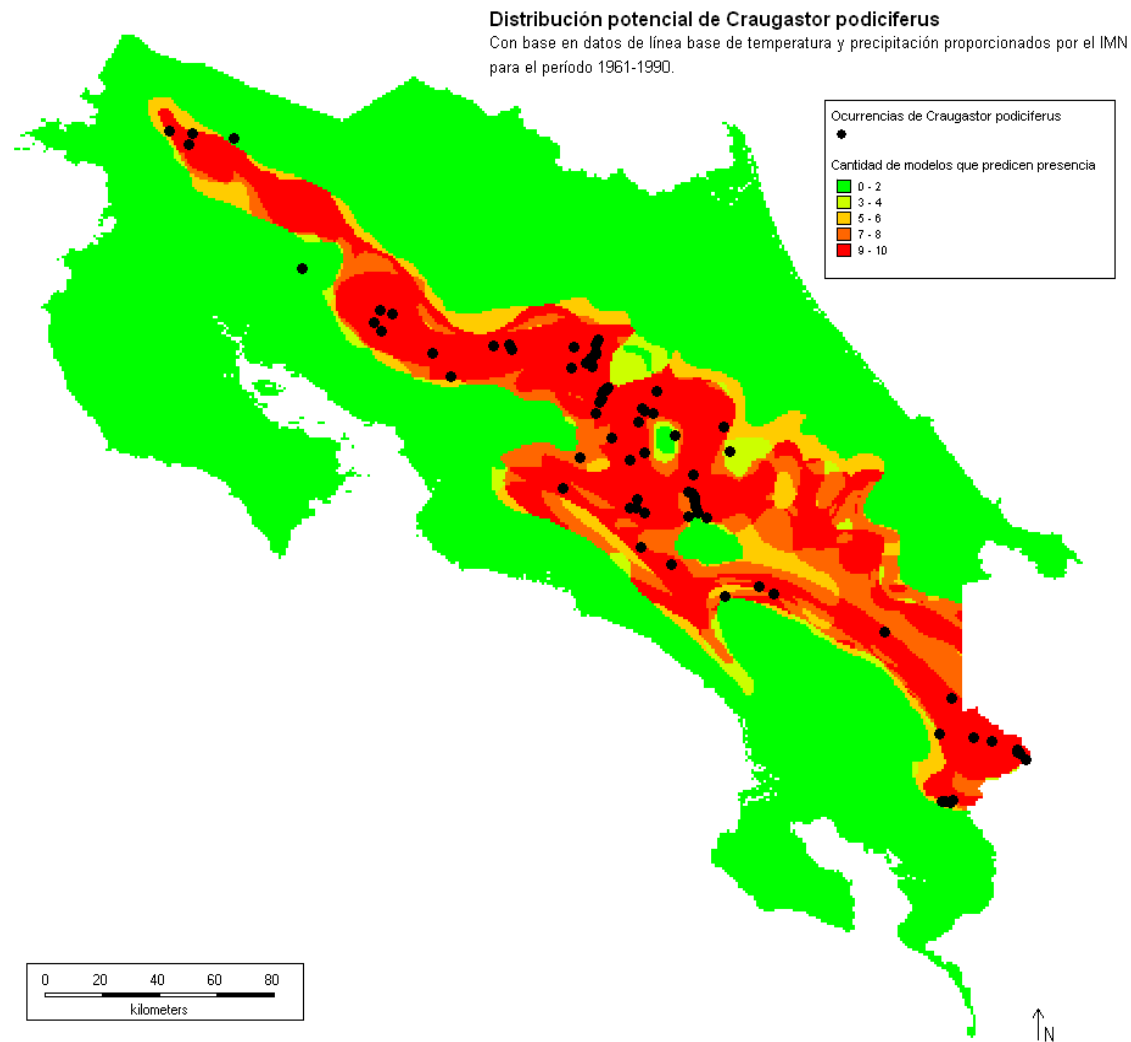


Figura 25. Distribución potencial de *Craugastor podiciferus* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

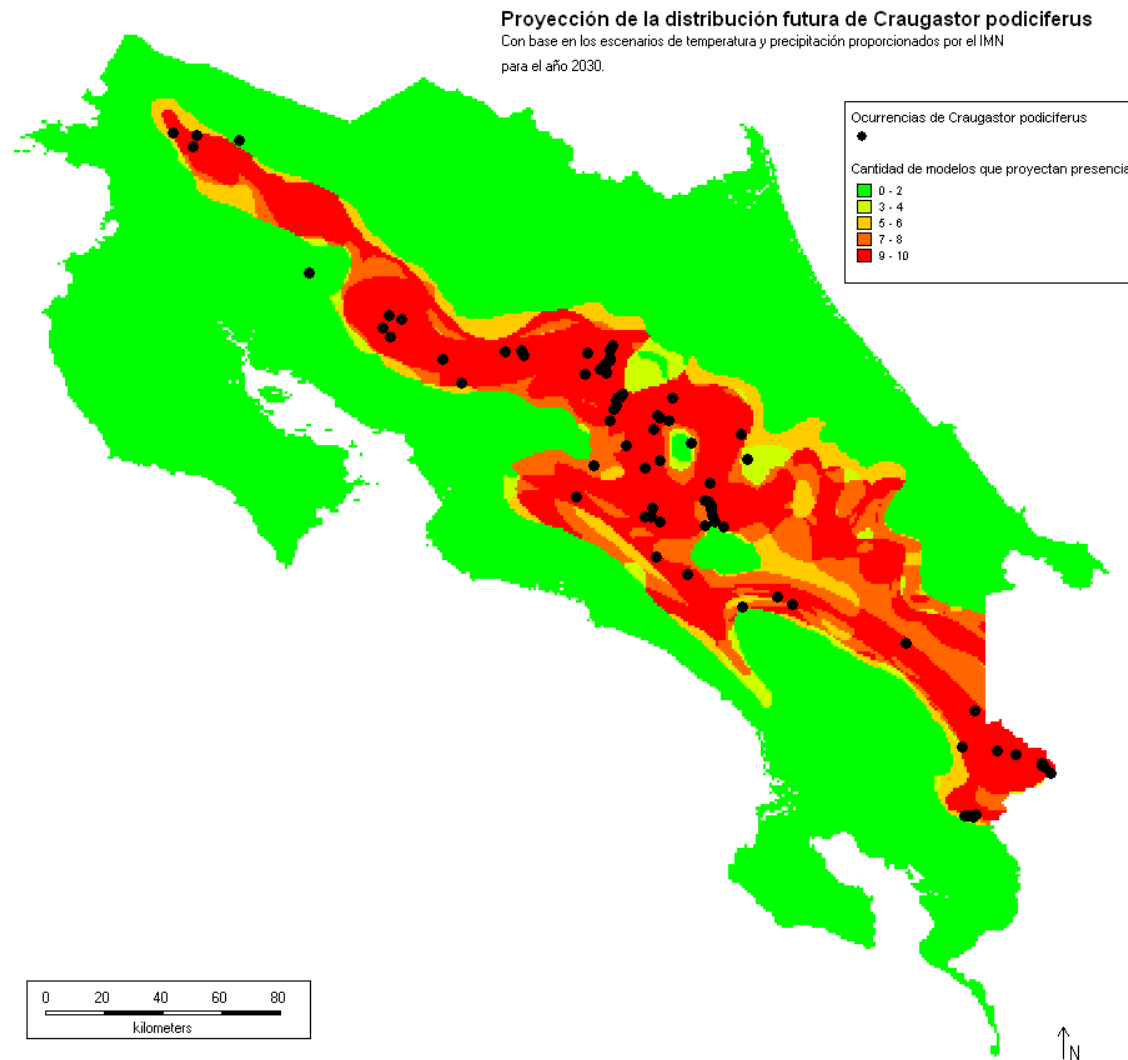


Figura 26. Distribución potencial de *Craugastor podiciferus* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

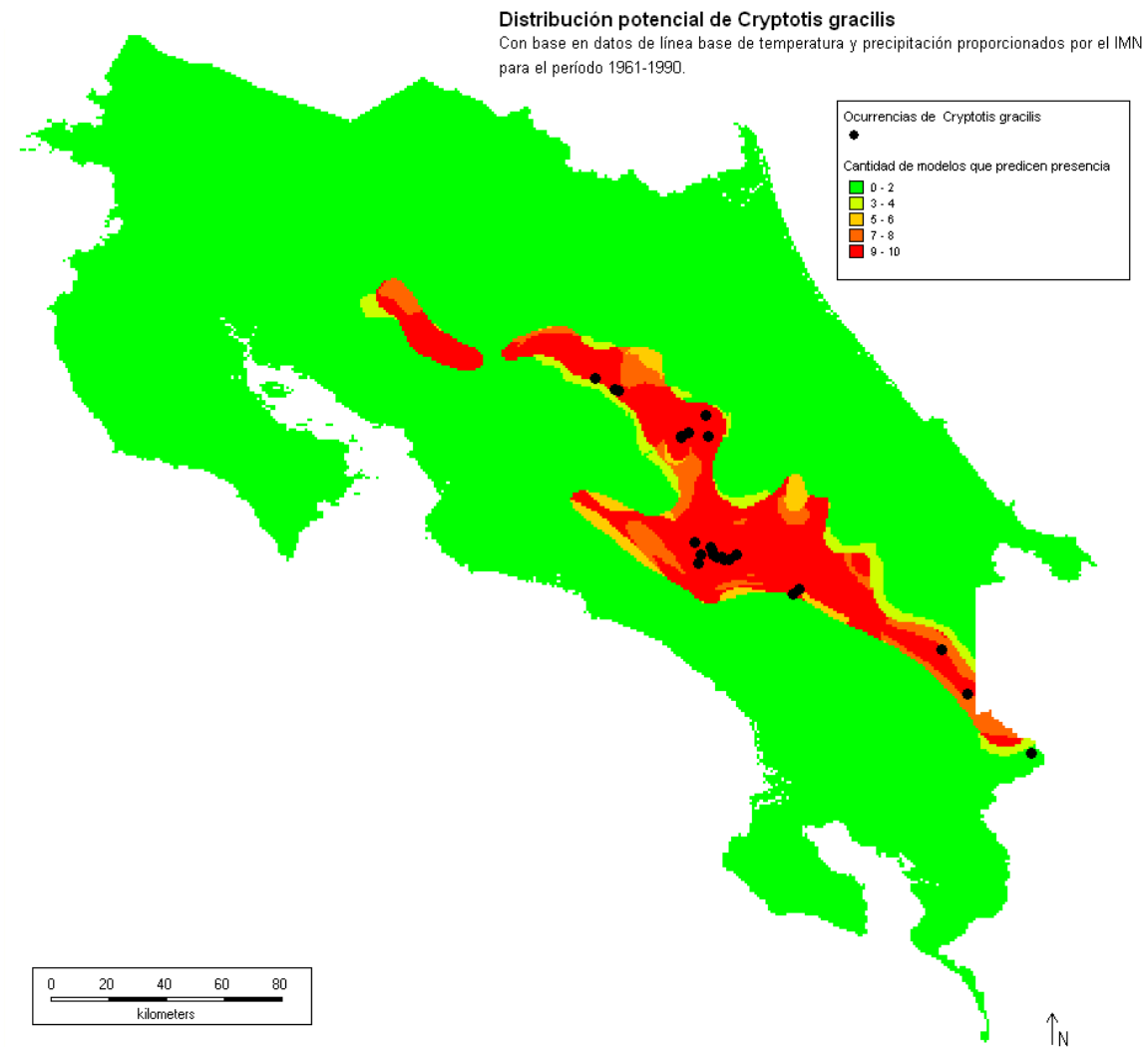


Figura 27. Distribución potencial de *Cryptotis gracilis* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

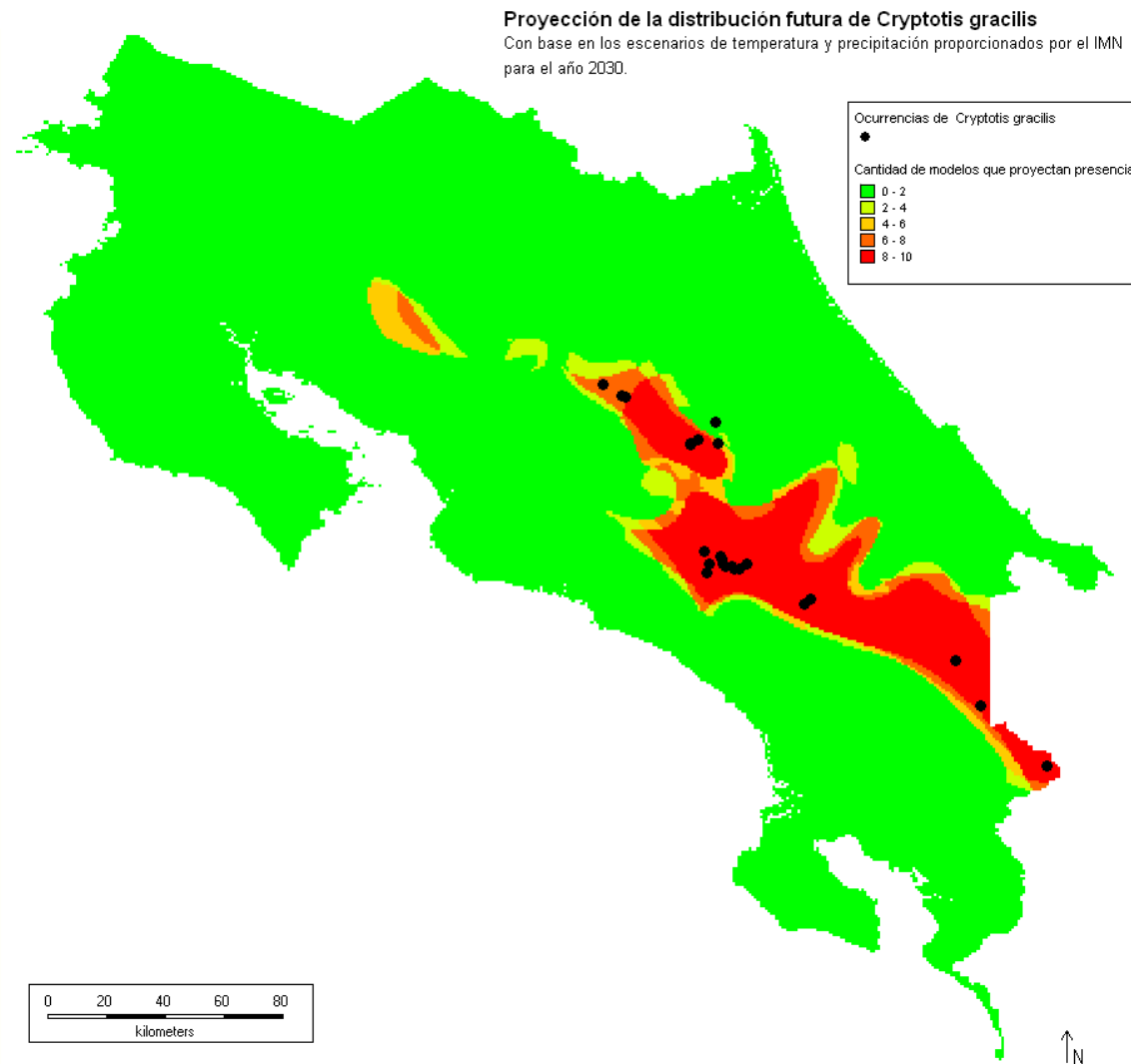


Figura 28. Distribución potencial de *Cryptotis gracilis* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

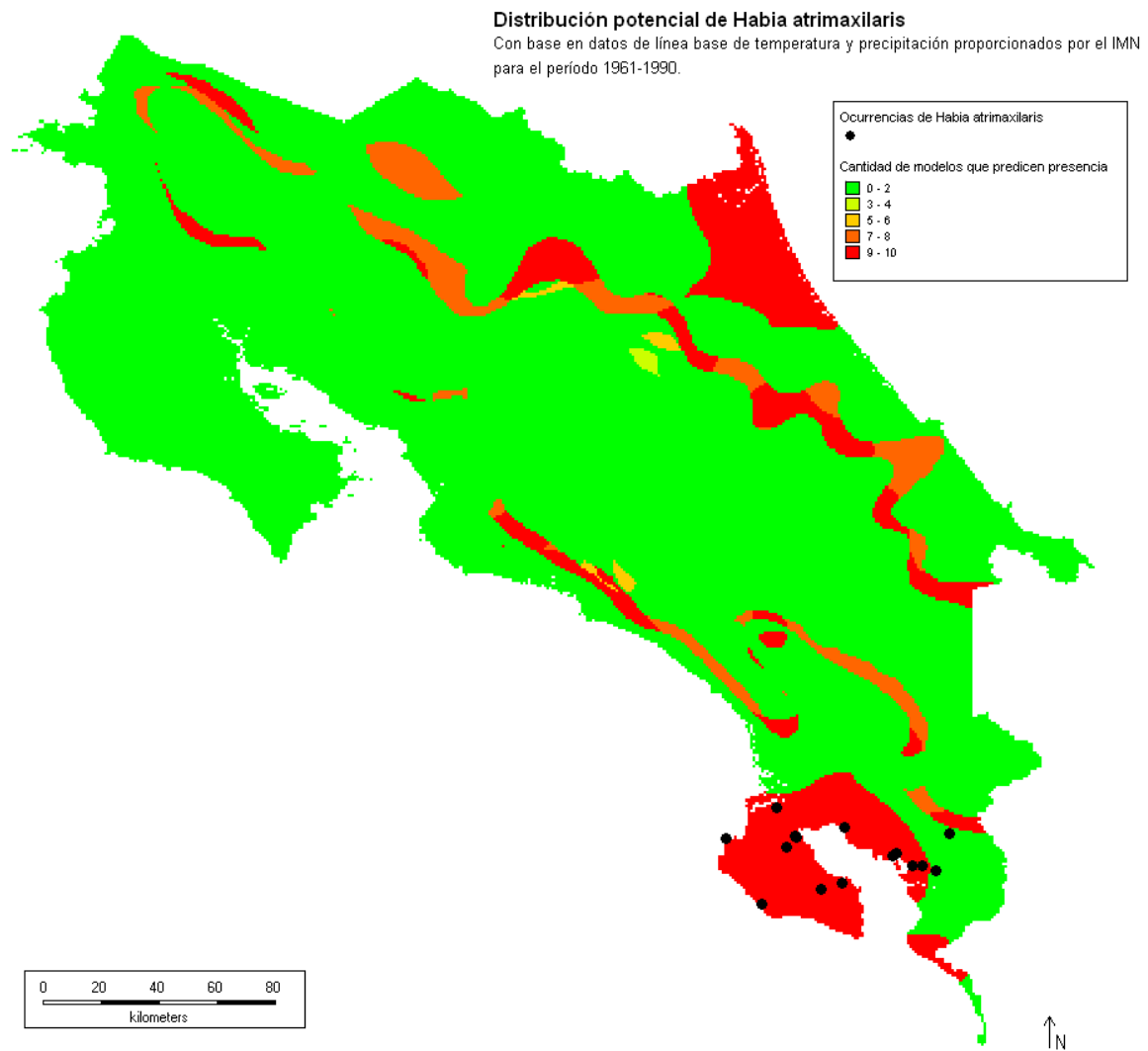


Figura 29. Distribución potencial de *Habia atrimaxilaris* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

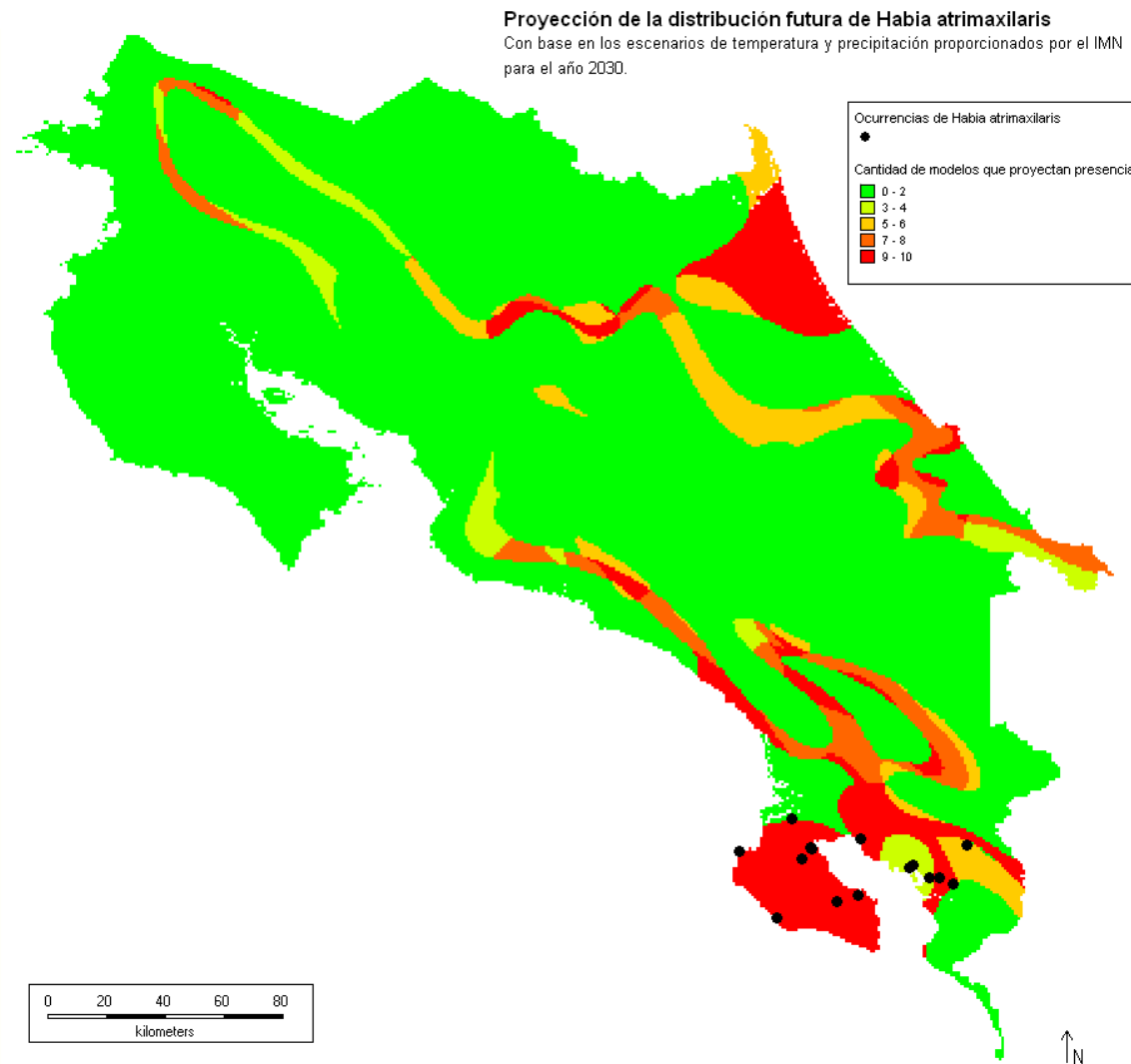


Figura 290. Distribución potencial de *Habia atrimaxilaris* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

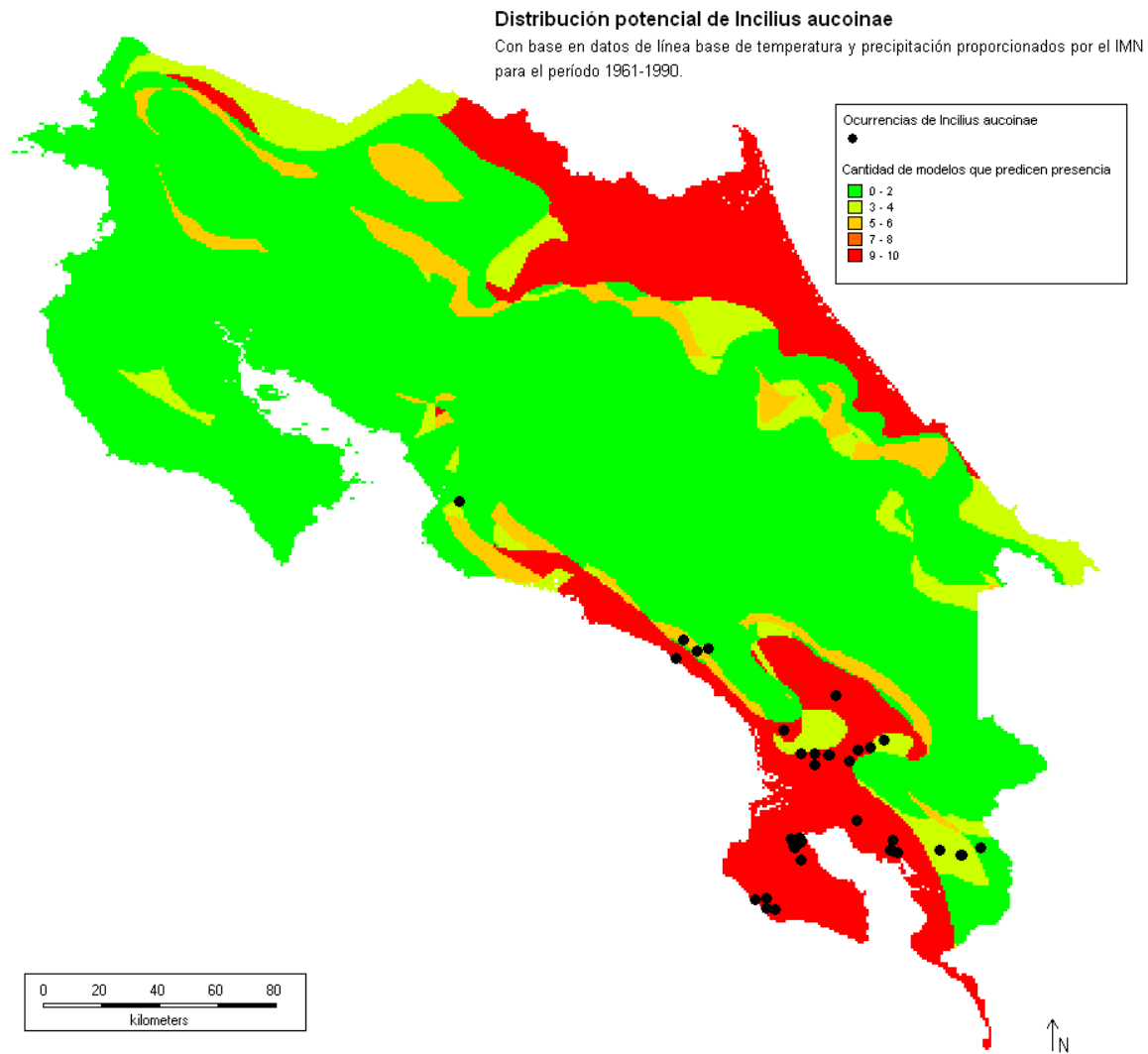


Figura 301. Distribución potencial de *Incilius aucoinae* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima período, línea base 1961-1990.

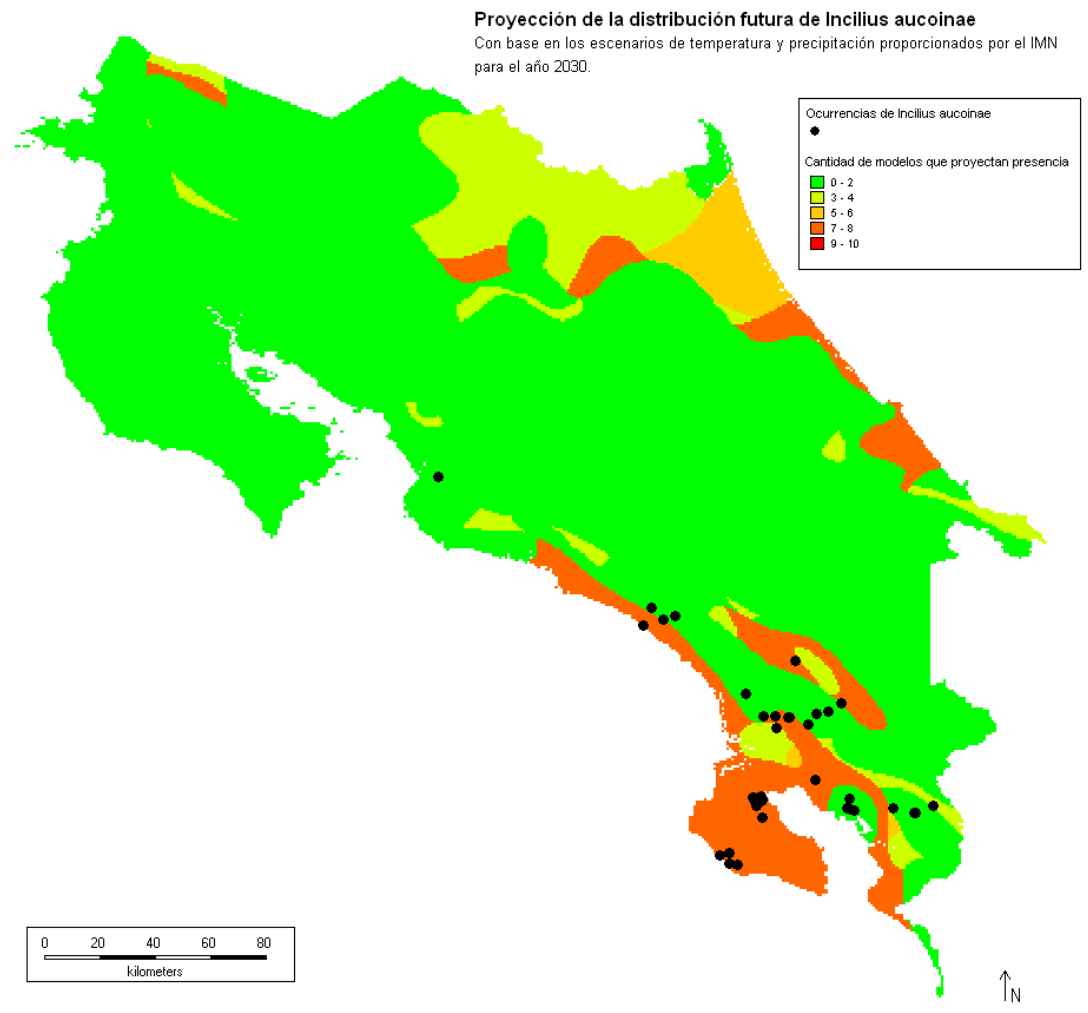


Figura 31. Distribución potencial de *Incilius aucoinae* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

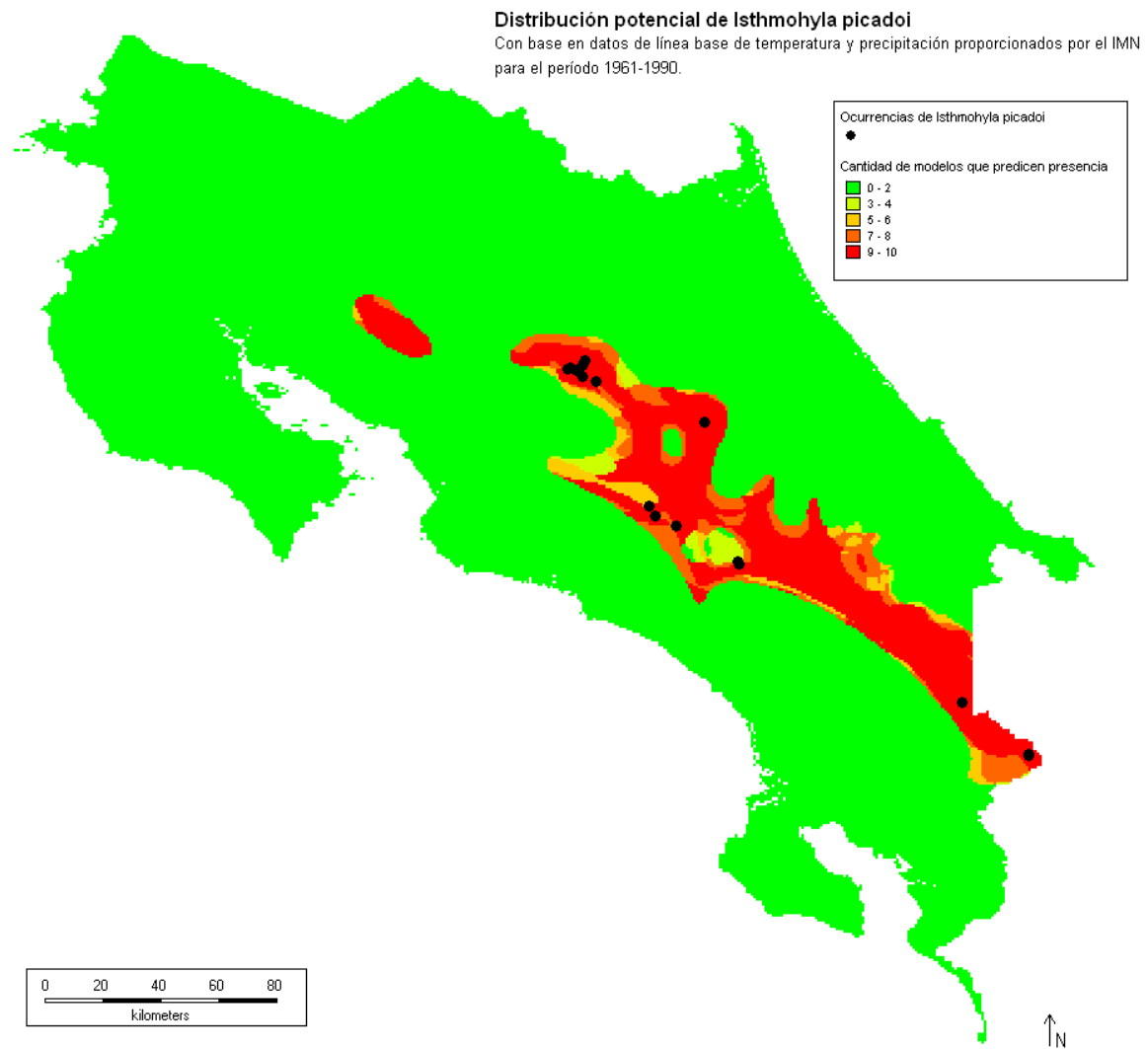


Figura 32. Distribución potencial de *Isthmohyla picadoi* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

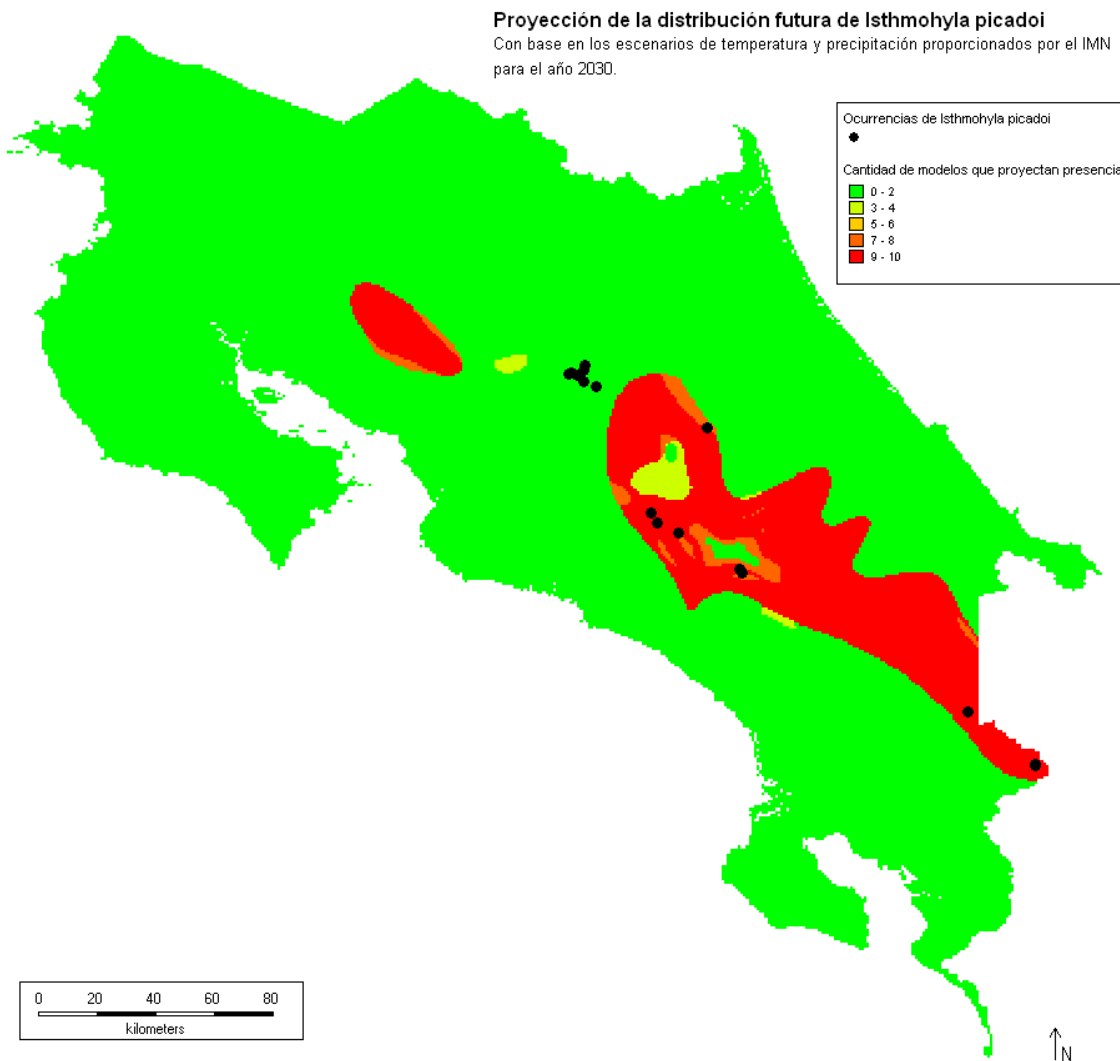


Figura 334. Distribución potencial de *Isthmohyla picadoi* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

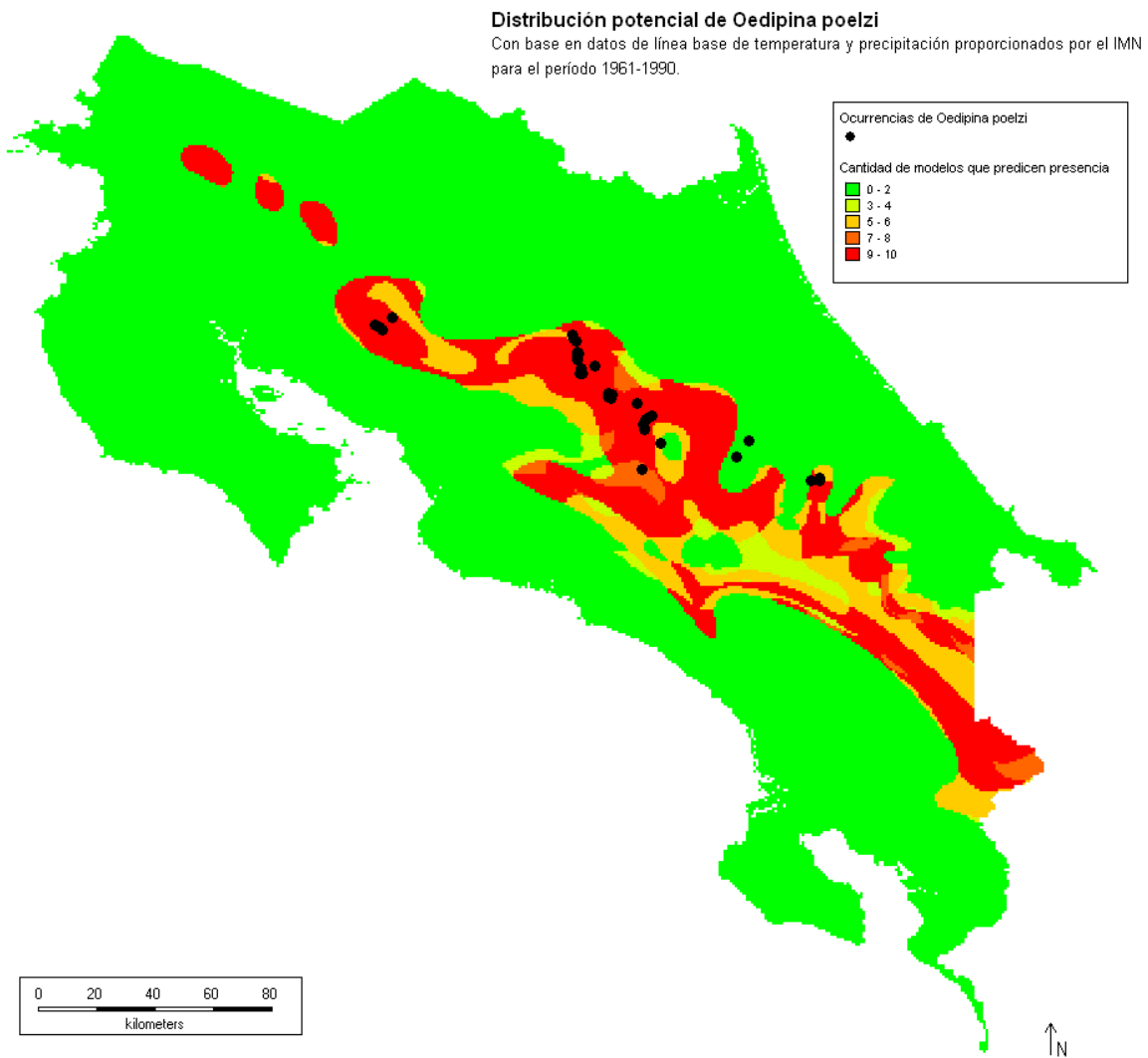


Figura 345. Distribución potencial de *Oedipina poelzi* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

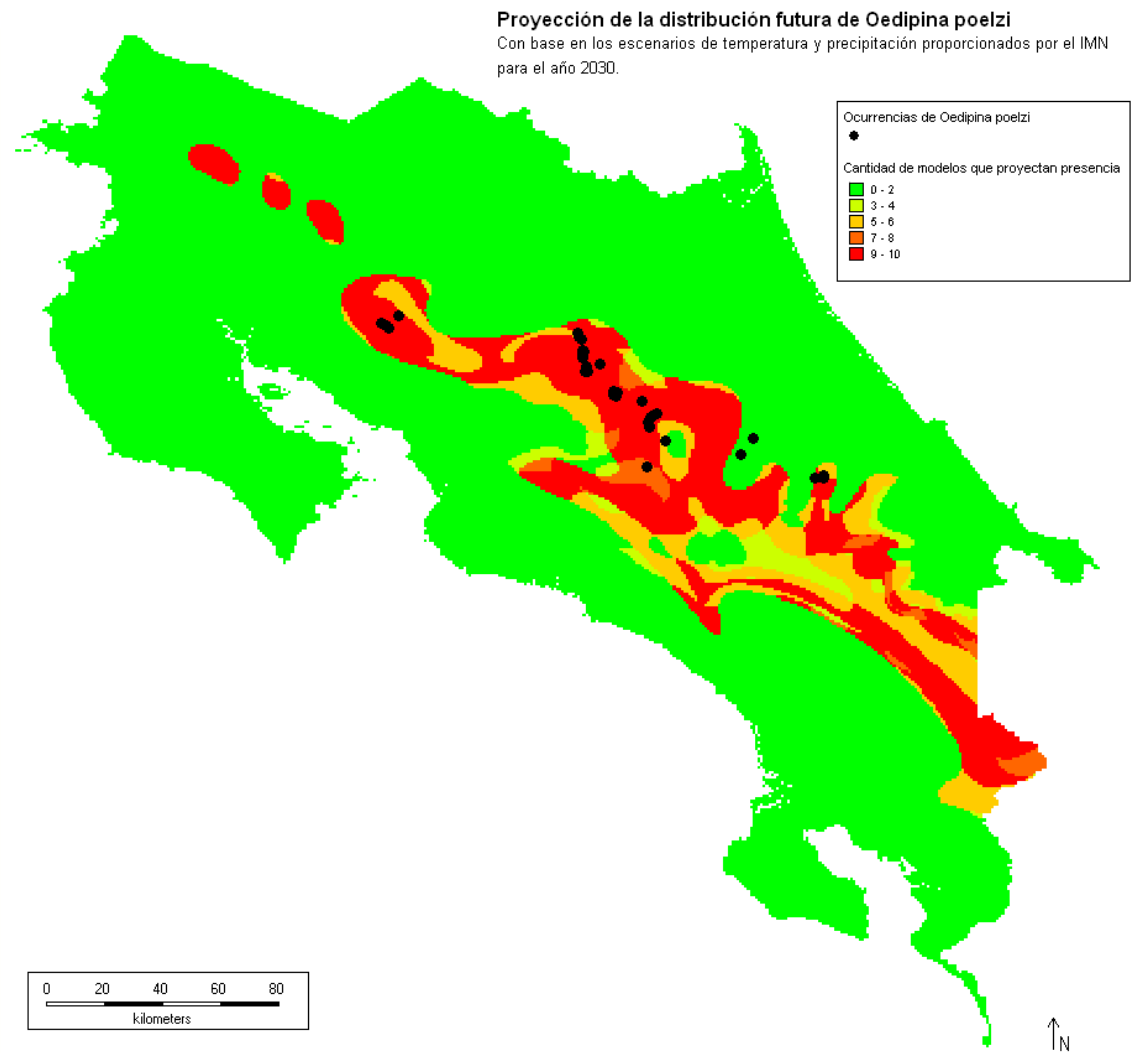


Figura 356. Distribución potencial de *Oedipina poelzi* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

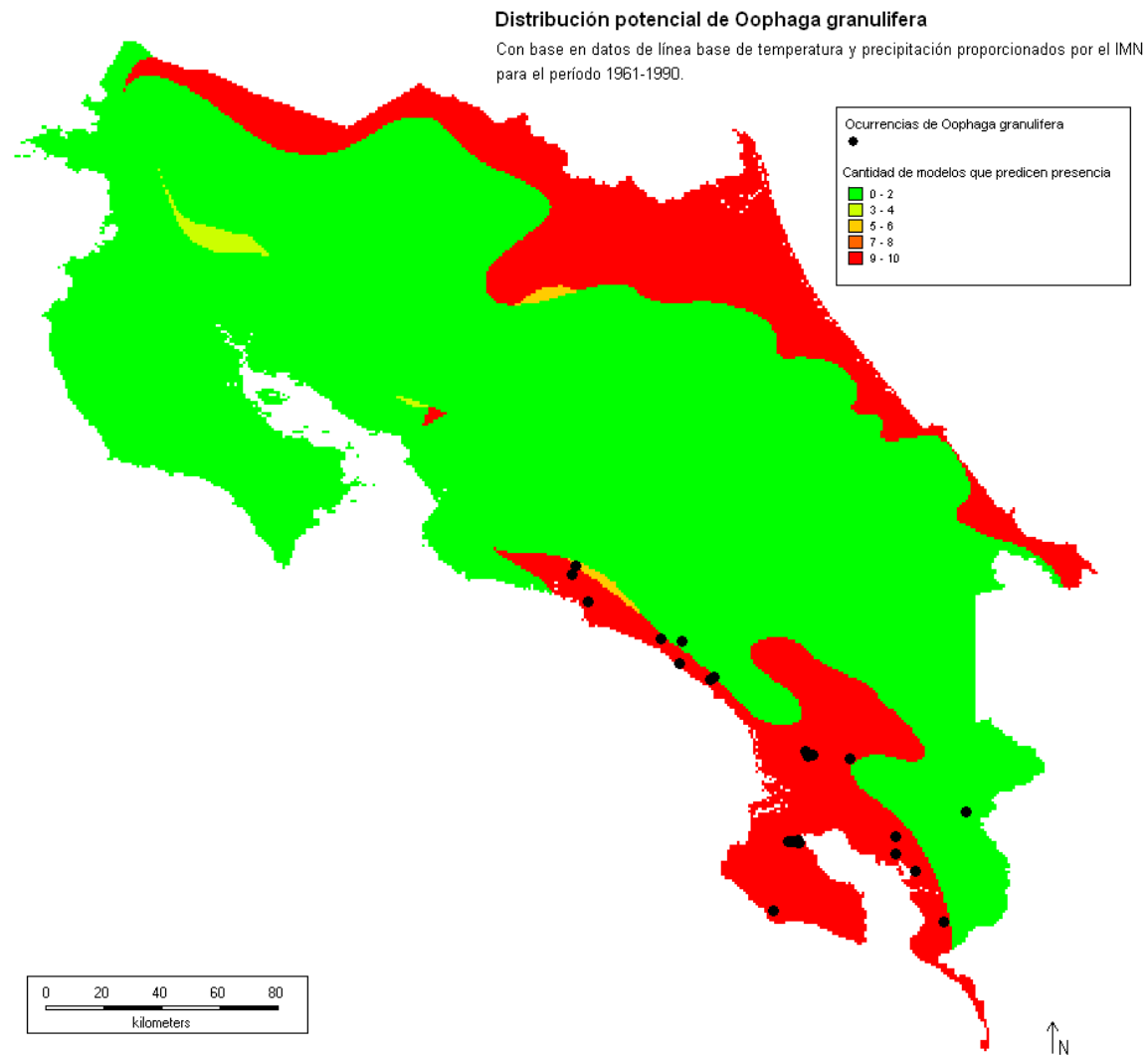


Figura 37. Distribución potencial de *Oophaga granulifera* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

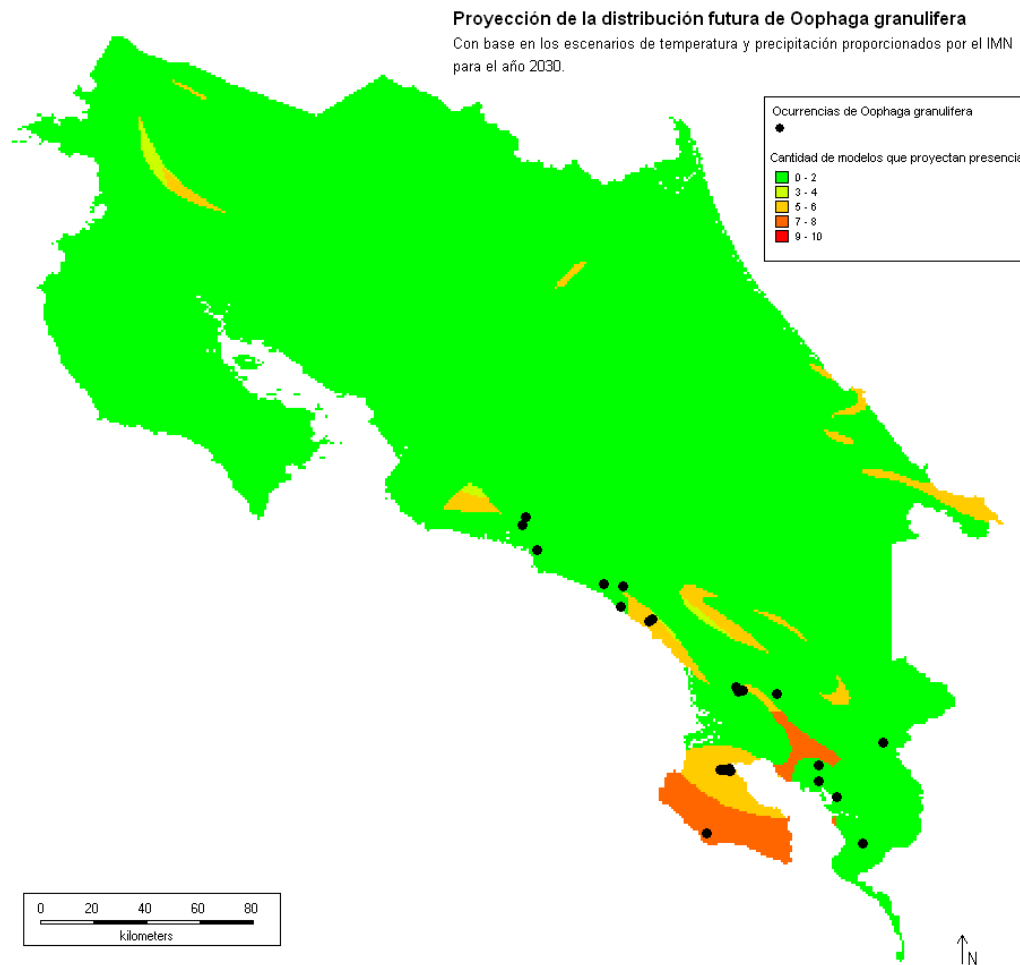


Figura 36. Distribución potencial de *Oophaga granulifera* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

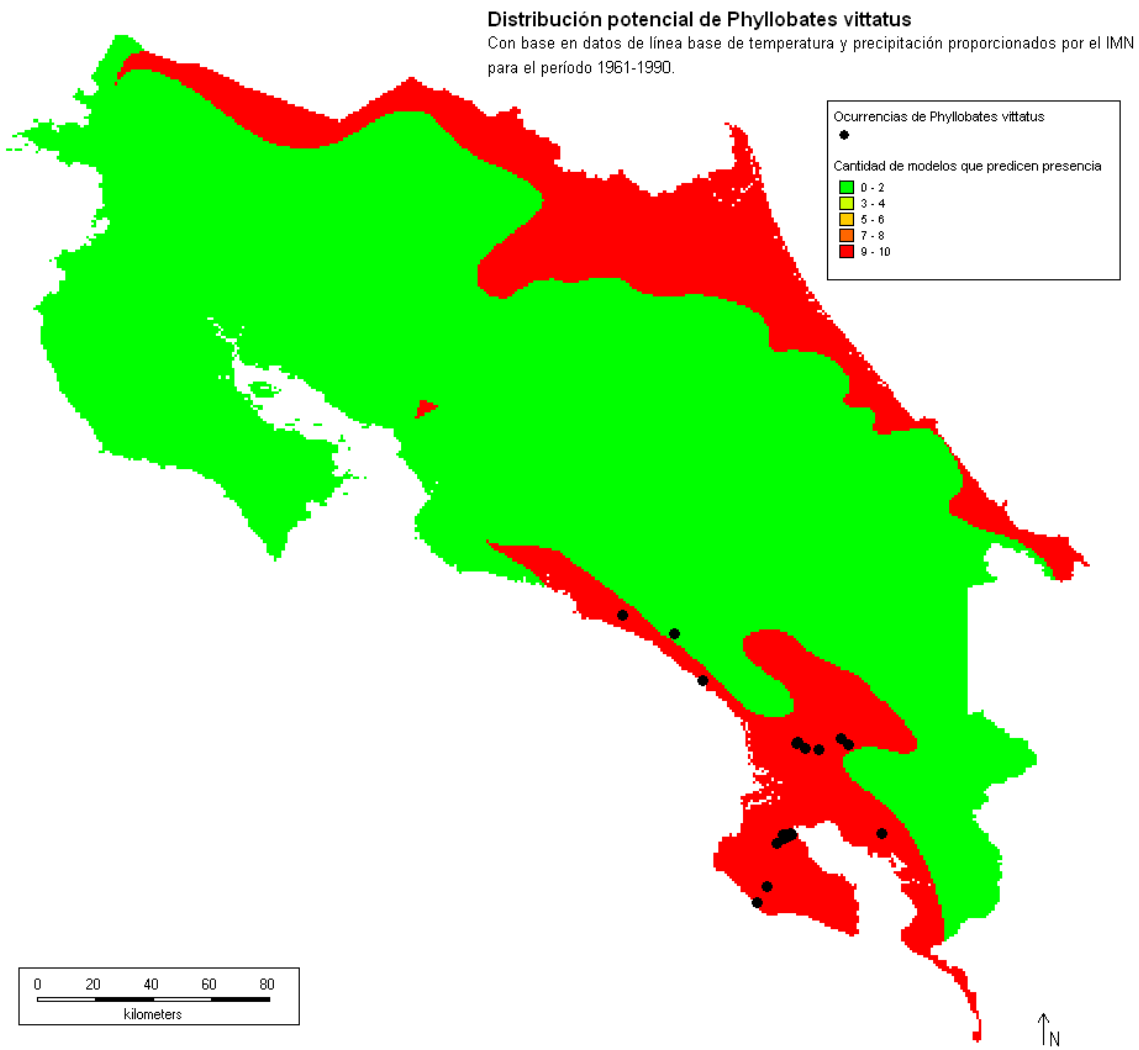


Figura 37. Distribución potencial de *Phyllobates vittatus* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

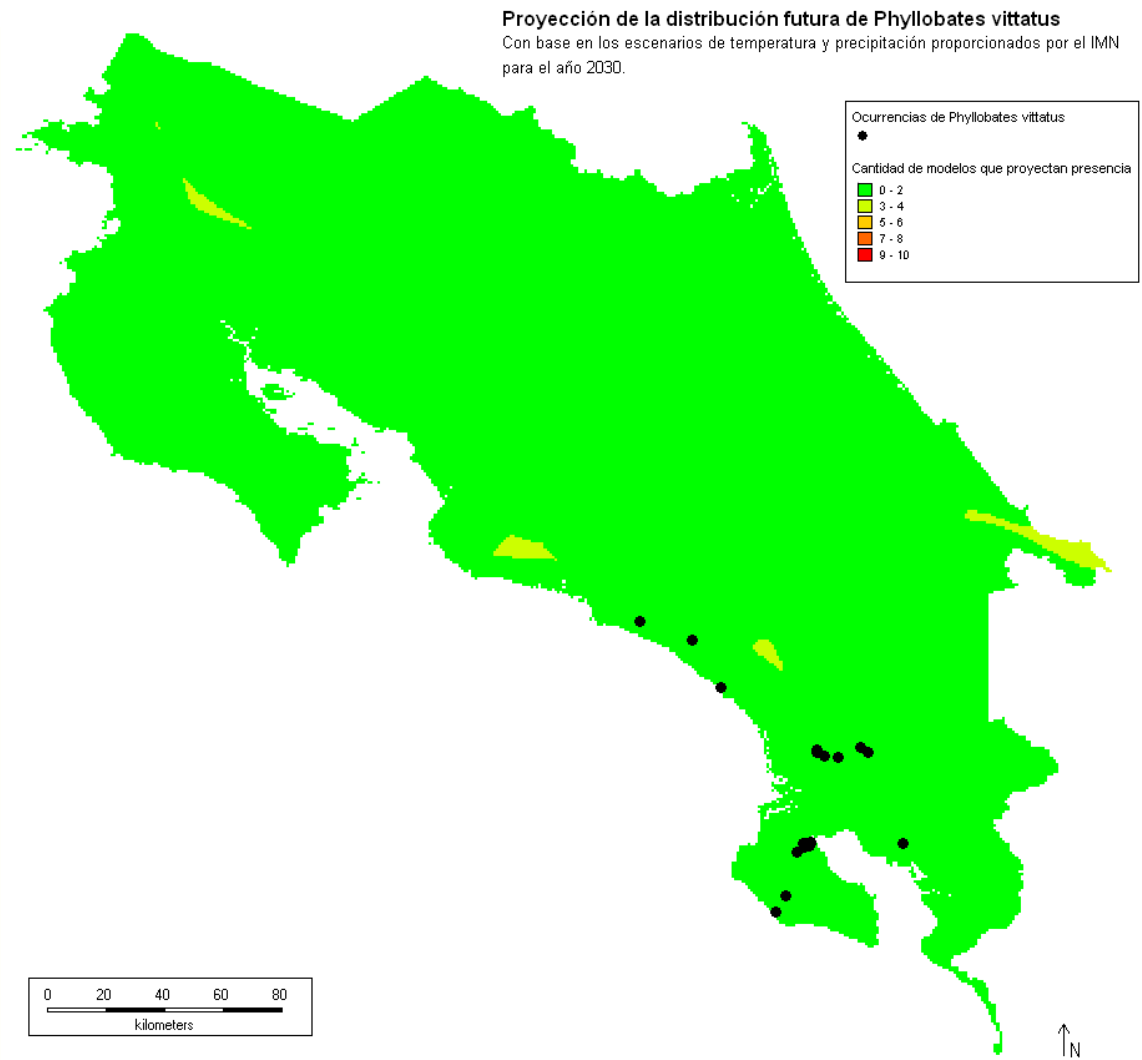


Figura 38. Distribución potencial de *Phyllobates vittatus* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

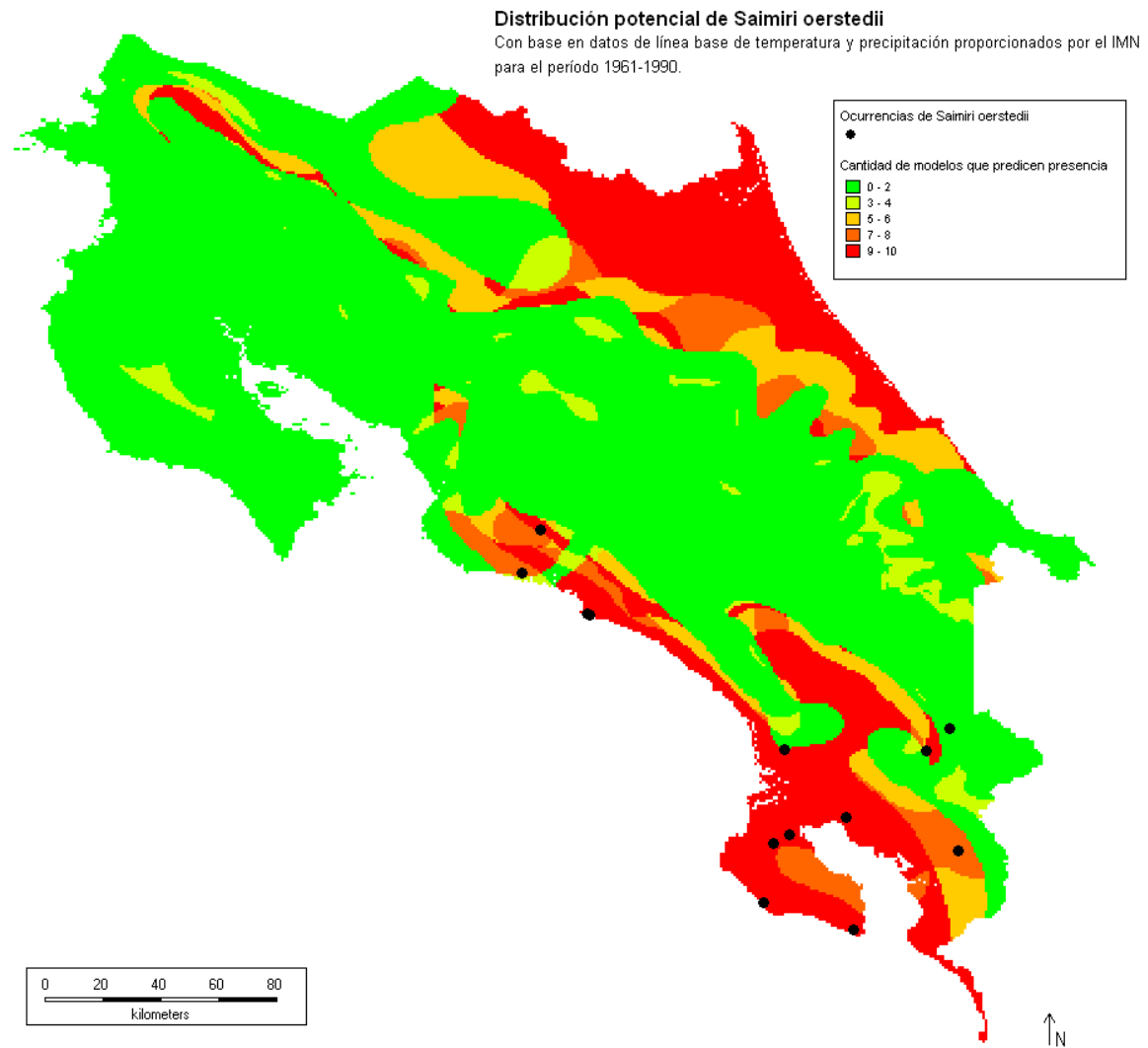


Figura 39. Distribución potencial de *Saimiri oerstedii* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

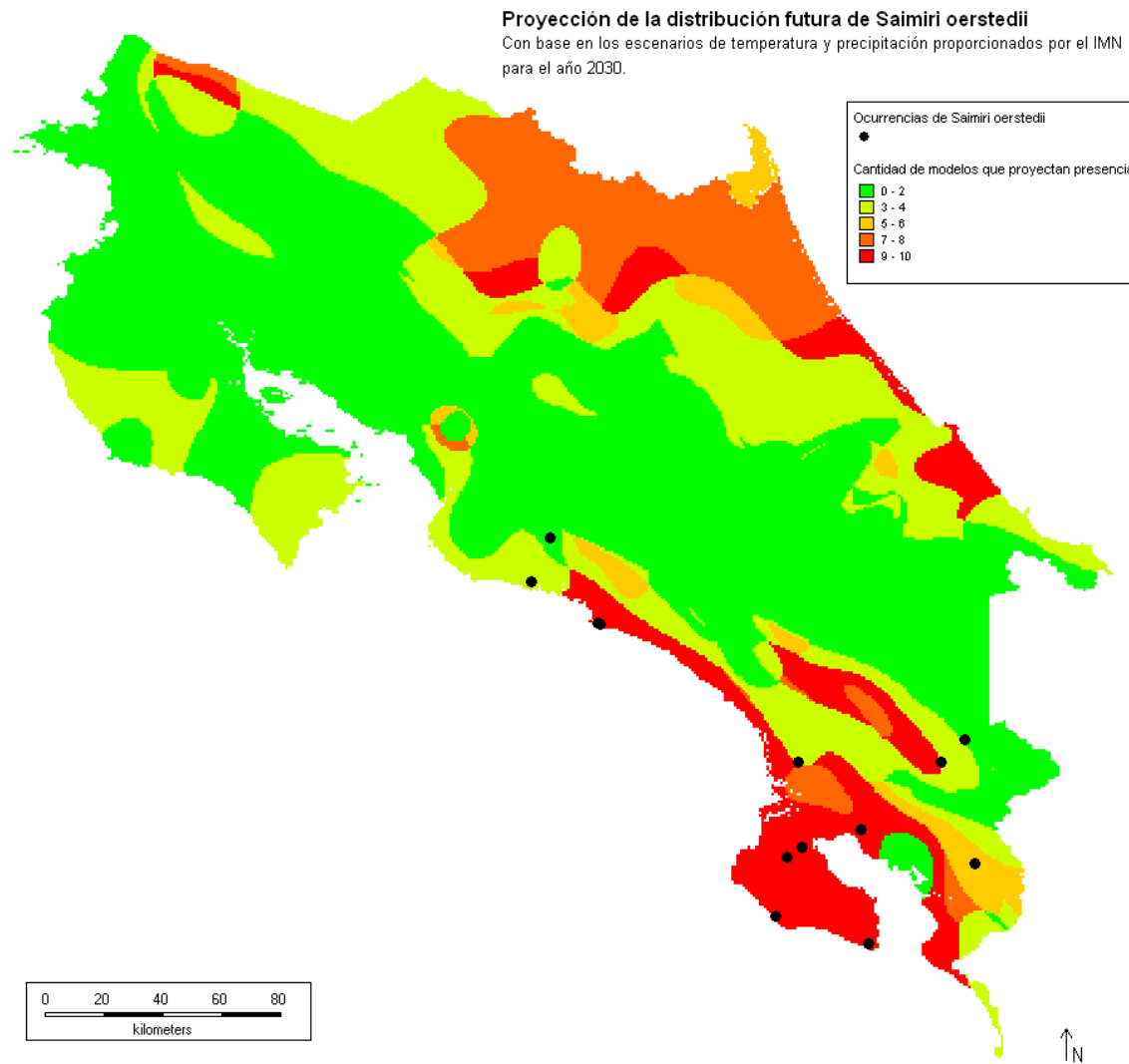


Figura 40. Distribución potencial de *Saimiri oerstedii* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

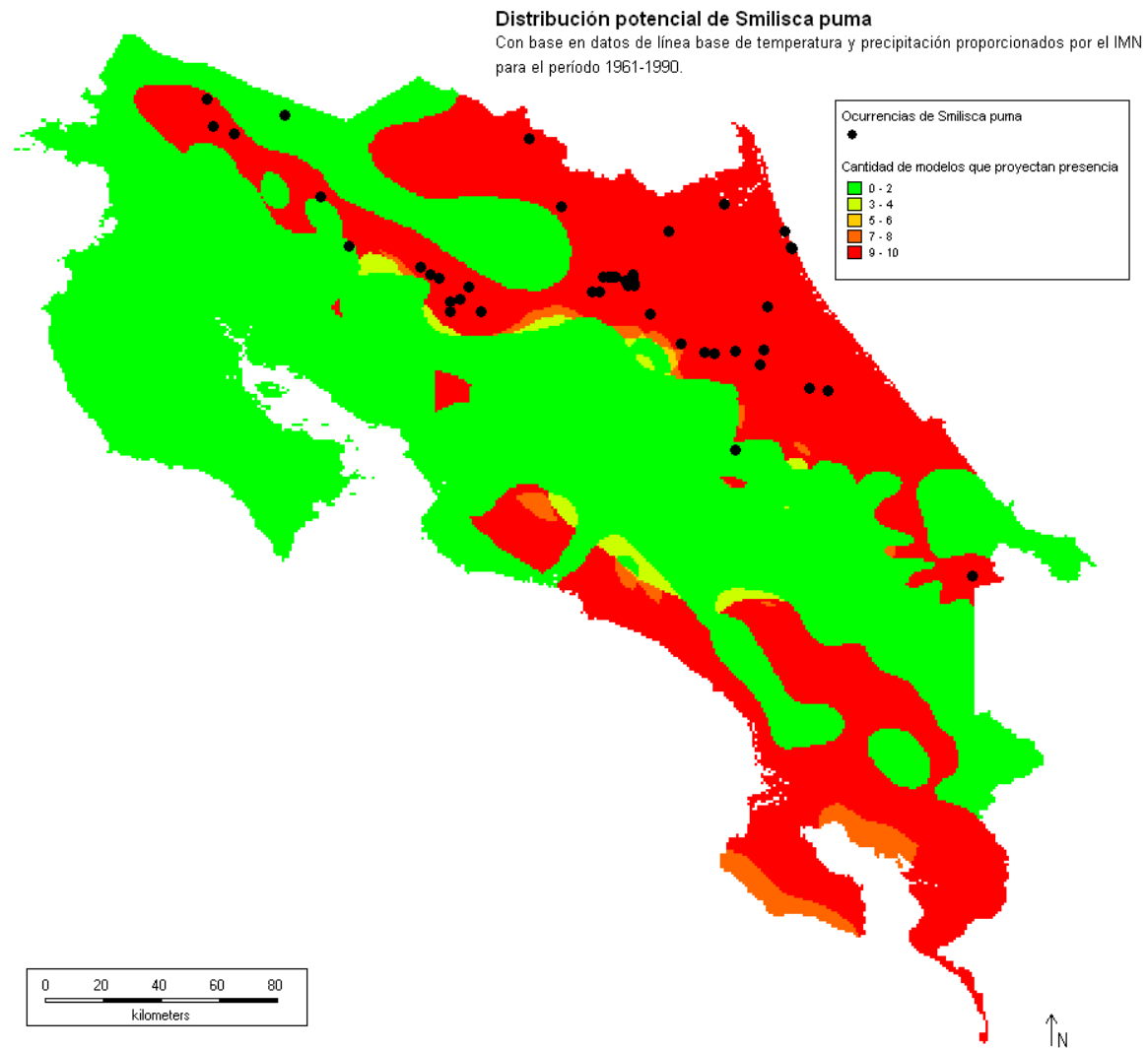


Figura 41. Distribución potencial de *Smilisca puma* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

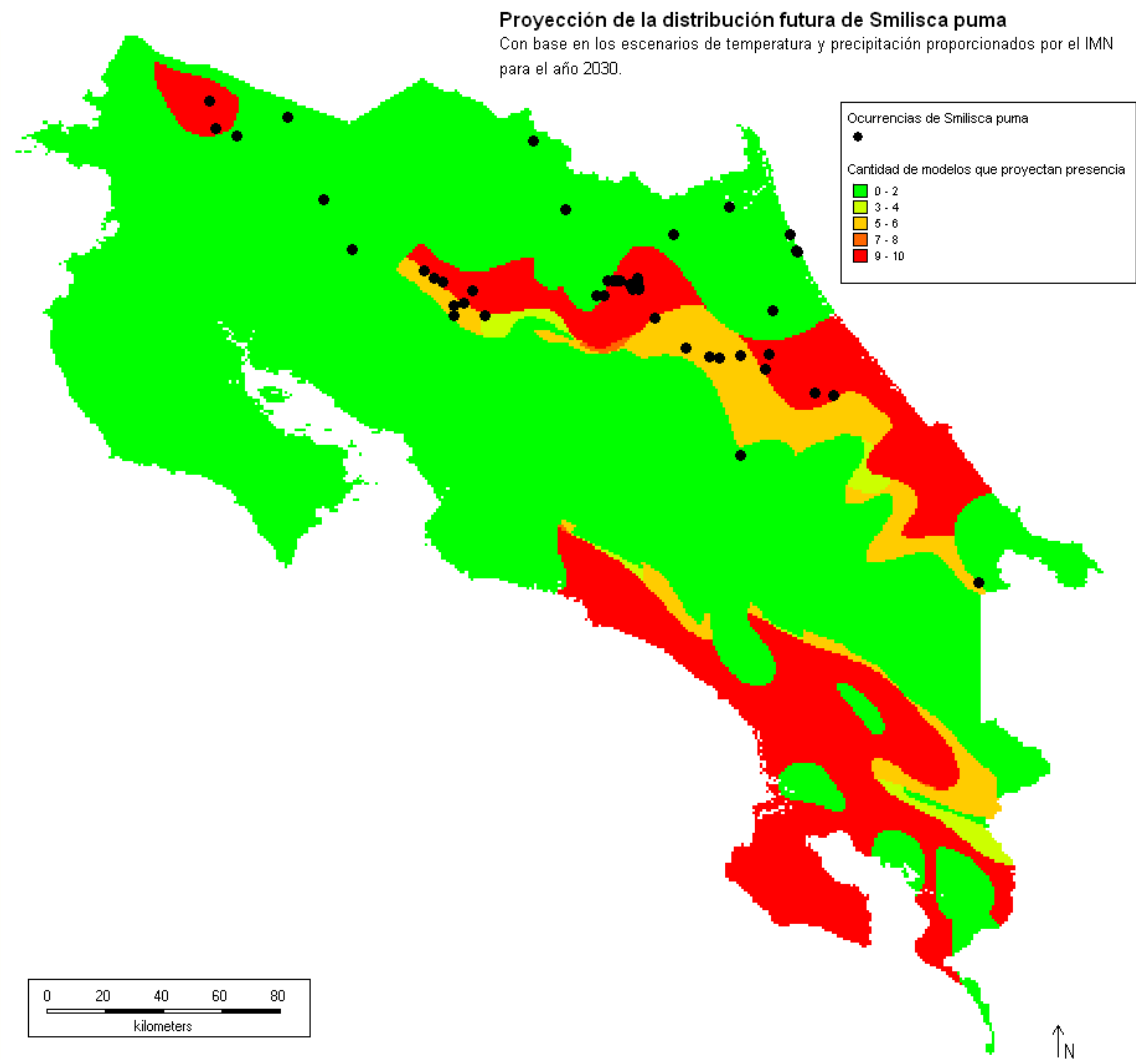


Figura 42. Distribución potencial de *Smilisca puma* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

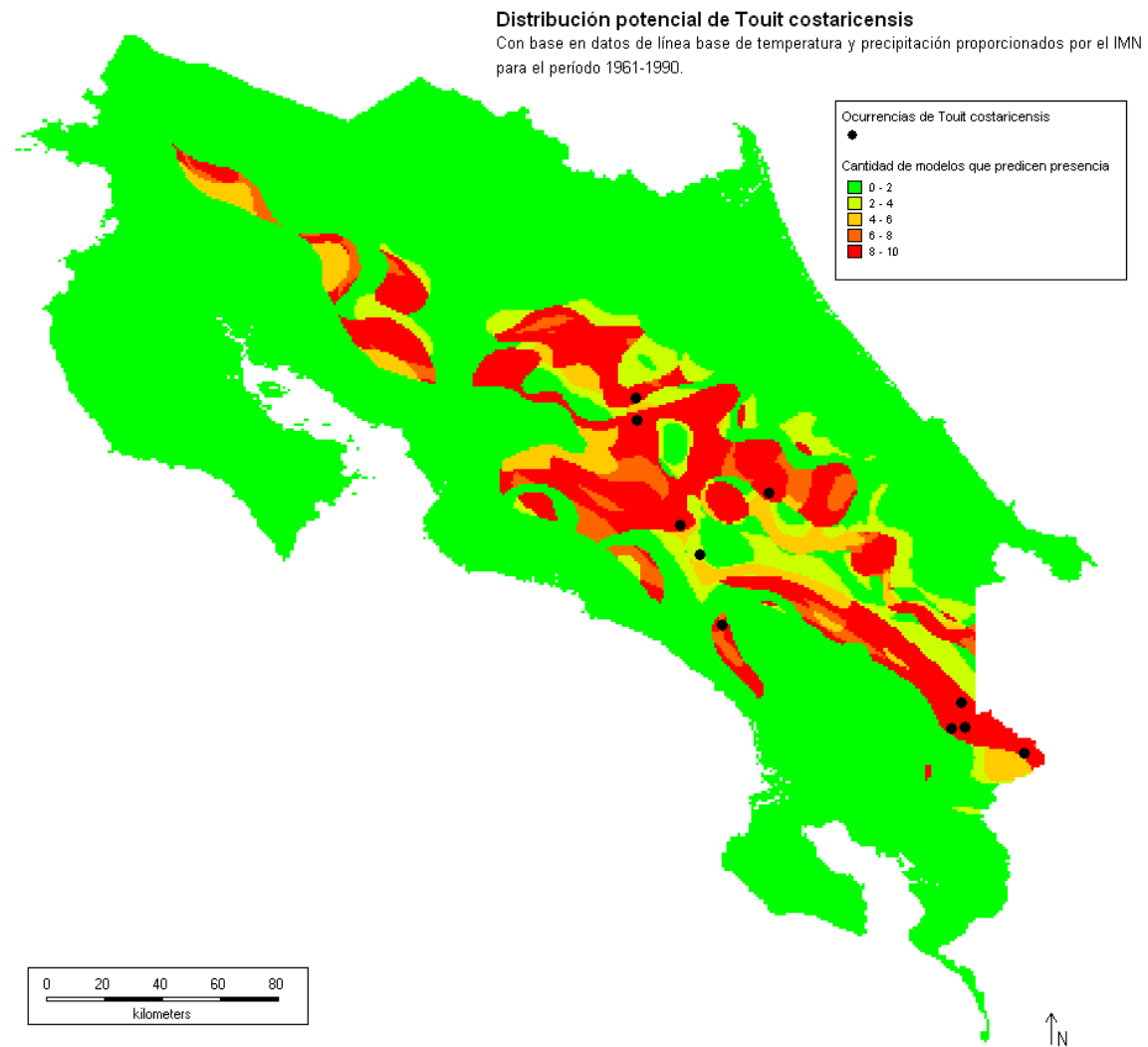


Figura 43. Distribución potencial de *Touit costaricensis* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima, período línea base 1961-1990.

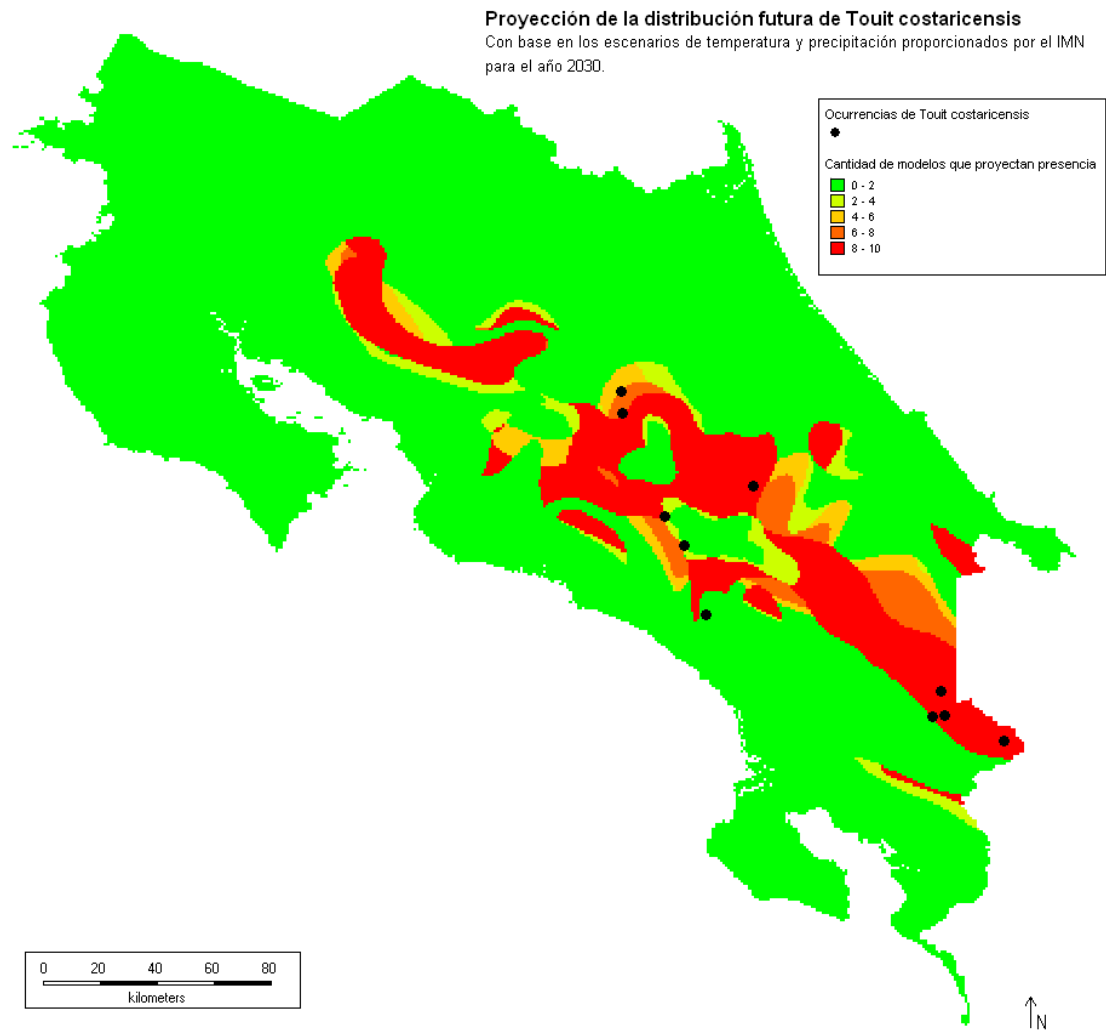


Figura 44. Distribución potencial de *Touit costaricensis* con base en la precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima al 2030, escenario de emisiones A2.

4. Impactos positivos y negativos potenciales sobre la biodiversidad dados por las actividades llevadas a cabo para enfrentar el cambio climático²

4.1. Contexto

Las relaciones entre la diversidad biológica y el cambio climático actúan en ambas direcciones. El cambio climático amenaza a la diversidad biológica, pero la diversidad biológica puede reducir o incrementar el impacto del cambio climático.

Existe evidencia de que el cambio climático está afectando y continuará afectando la diversidad biológica. Las consecuencias del cambio climático en el componente de las especies son (Parmesan 2006):

- cambios en la distribución,
- aumento de las tasas de extinción,
- cambios en los tiempos de reproducción, y
- cambios en la duración de la estación de crecimiento de las plantas.

Por otro lado, la resistencia de los ecosistemas puede acrecentarse y el riesgo del daño para el ser humano y los ecosistemas naturales puede reducirse adoptando estrategias de adaptación y mitigación basadas en la biodiversidad. Ejemplos de actividades que fomentan la mitigación o la adaptación al cambio climático son:

- el mantenimiento y restablecimiento de los ecosistemas nativos,
- la protección y el aumento de los servicios provenientes de los ecosistemas,
- la gestión de los hábitat de las especies en peligro,
- la creación de refugios y zonas de amortiguamiento, y
- el establecimiento de redes de áreas protegidas terrestres, marinas y de agua dulce que tomen en consideración los cambios climáticos proyectados.

Dentro de este contexto, la condición ideal es que las actividades de mitigación y adaptación al cambio climático sean mutuamente beneficiosas y sinérgicas, es decir, se mitigue el cambio y se adapte al mismo, aumentando a la vez la conservación de la diversidad biológica.

Al vincular cambio climático con biodiversidad, es necesario desarrollar estrategias de adaptación y acciones que minimicen los impactos negativos del cambio climático sobre la biodiversidad, maximizando la capacidad de las especies y los ecosistemas a adaptarse al futuro cambio climático. Al respecto, se requiere mayor investigación a fin de ayudar a optimizar la conservación de la diversidad biológica como parte de los programas de mitigación y de adaptación al cambio climático a largo plazo, a nivel local, nacional, regional y mundial.

Con respecto al análisis de impactos positivos y negativos potenciales sobre la biodiversidad dados por las actividades llevadas a cabo para mitigar el cambio climático, en el cuadro 11 se presenta una serie de criterios de cómo algunas acciones de mitigación pueden ser beneficiosas o tener efectos adversos en la biodiversidad dependiendo de los criterios que se sigan para su desarrollo.

² Incluye forestación, reforestación, agrosilvicultura, manejo forestal, manejo de pastizales, transferencia de tecnología, entre otros.

Cuadro 11. Opciones seleccionadas de mitigación del cambio climático bajo CDM³, JI⁴ y sus posibles efectos sobre la biodiversidad.

Posibles actividades	Condiciones para posibles efectos beneficiosos sobre la biodiversidad	Condiciones para posibles efectos adversos sobre la biodiversidad
Aforestación⁵ y reforestación⁶	<ul style="list-style-type: none"> - Si la actividad aumenta la conectividad entre parches de hábitat o fragmentos. - Si la actividad se lleva a cabo en pastizales degradados y sitios agrícolas. - Si la limpieza de la vegetación preexistente y el de raleo se minimiza. - Si la regeneración natural y las especies nativas que se utilizan reflejan propiedades estructurales de los bosques de los alrededores. - Si la densidad de árboles respeta las necesidades de la biodiversidad. - Si la mezcla de clases de edades se ha establecido. - Si se consideran hábitat para las distintas especies. - Si se excluye el uso de plaguicidas químicos. - Si la conservación biológica o la restauración de los ecosistemas es una parte integral del esquema de manejo. 	<ul style="list-style-type: none"> - En las zonas donde los ecosistemas naturales son destruidos por las actividades (por ejemplo, donde se ha limpiado recientemente el bosque tropical para establecer una plantación). - Si se utilizan drenajes - Si otro tipo de vegetación es completamente despejado antes y durante la actividad de aforestación o reforestación. - Si los monocultivos de especies exóticas se utilizan en grandes áreas. - Si se ha establecido una única clase de edad. - Si se utilizan productos químicos. - Si no se crean hábitat. - Si se utilizan períodos de rotación cortos.
Manejo de bosque	<ul style="list-style-type: none"> - Si se produce regeneración natural del bosque. - Si el manejo del fuego respeta la regeneración y los ciclos naturales del mismo. - Si se utilizan métodos de recolección de bajo impacto y períodos de rotación amplios. - Si se excluye el uso de productos químicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si bosques naturales y seminaturales son sustituidos por plantaciones monoespecíficas. - Si se plantan especies no adaptadas al sitio, por ejemplo, las especies exóticas invasoras y genotipos u organismos modificados genéticamente (OMG). - Si la regeneración natural

³ CDM: Clean Development Mechanism o Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

⁴ JI: Joint Implementation o Implementación Conjunta (IC).

⁵ Aforestación requiere la plantación de árboles en tierras que no ha habido bosque de más de 50 años.

⁶ Reforestación requiere plantar árboles en tierras que no tenían bosque en 1990.

Posibles actividades	Condiciones para posibles efectos beneficiosos sobre la biodiversidad	Condiciones para posibles efectos adversos sobre la biodiversidad
	<ul style="list-style-type: none"> - Si los regímenes de perturbaciones naturales son permitidos (Se benefician los estadios jóvenes y prematuros y los espacios abiertos). - Si se utilizan especies locales. - Si los bosques tienen diferentes edades y estructuras. - Si la longitud de rotación se extiende. - Si microestructuras importantes como antiguos bosques, así como madera muerta y en descomposición se mantiene. - Si se protegen los hábitat clave. - Si la conservación biológica o la restauración de los ecosistemas es una parte integral del plan de manejo. 	<ul style="list-style-type: none"> - es suprimida. - Si se produce abundante uso de productos químicos. - Si la gestión del fuego interrumpe los ciclos naturales del mismo. - Si se producen malas prácticas de tala (cosecha de alto impacto), por ejemplo, uso de maquinaria dañina. - Si se producen grandes claros en áreas donde no se producen disturbios a gran escala de forma natural. - Si se eliminan del bosque estructuras importantes como madera muerta y en descomposición. - Si se utilizan los drenajes.
Manejo de campos de cultivo	<ul style="list-style-type: none"> - Si se utiliza una labranza sin aumentar la aplicación de herbicidas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si se utiliza una labranza con mayor cantidad de herbicidas y plaguicidas. - Si el aumento de la intensidad de cultivo tiene principalmente impactos negativos. - Si se establecen en zonas de los ecosistemas naturales.
Manejo de pastizales	<ul style="list-style-type: none"> - Si no se destruyen zonas naturales. - Si se utilizan especies nativas. - Si la gestión de incendios respeta los ciclos naturales del fuego. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si se establecen en zonas que anteriormente eran ecosistemas naturales. - Si se introducen especies no nativas.
Restauración	<ul style="list-style-type: none"> - Si la medida aumenta la riqueza de especies de plantas nativas en el tiempo. - Si la medida impide la degradación y protege los hábitat vecinos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si medida destruye las especies endémicas. - Si las especies exóticas invaden hábitats nativos. - Posible aumento en las emisiones de N₂O por el uso de fertilizantes.

Posibles actividades	Condiciones para posibles efectos beneficiosos sobre la biodiversidad	Condiciones para posibles efectos adversos sobre la biodiversidad
Producción de cultivos energéticos⁷:		
Plantas anuales	<ul style="list-style-type: none"> - Si promueve la conversión de tierras de cultivo degradadas o pastos no nativos - Si se utilizan especies nativas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si se da la conversión de bosques naturales o de pastizales. - Si se da la conversión de los diversos agroecosistemas.
Plantas perennes	<ul style="list-style-type: none"> - Si promueve la conversión de tierras de cultivo degradadas o pastos no nativos - Si se utilizan especies nativas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si se da la conversión de bosques naturales o de pastizales. - Si se da la conversión de los diversos agroecosistemas. - Si se da la pérdida de crías de aves y mamíferos - Si se da la fragmentación de paisajes abiertos. - Si se promueven monocultivos (la misma especie o una sola edad).
Residuos de productos del bosque, cultivos y producción animal.	<ul style="list-style-type: none"> - Si nutrientes adicionales de la transformación de los residuos complementa los ciclos naturales de nutrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si los ciclos naturales de los nutrientes es perturbado.
Uso tradicional de la biomasa (principalmente recolección de leña)	<ul style="list-style-type: none"> - Si la recolección de leña se limita a una extensión sostenible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si la madera muerta recogida afecta comunidades asociadas a esta. - Si se utilizan ramas vivas y, por tanto, se afectan zonas de anidación o vivienda de otras especies. - Si hay una predilección por ciertas especies para combustible y estas pueden desaparecer. - Si la extracción extensiva de ramas y hojas caídas rompe el ciclo de nutrientes, genera una menor productividad y erosiona los suelos.

⁷ Cultivos energéticos: Aquellos destinados exclusivamente a la producción de combustibles.

Posibles actividades	Condiciones para posibles efectos beneficiosos sobre la biodiversidad	Condiciones para posibles efectos adversos sobre la biodiversidad
Proyectos hidroeléctricos.	Los proyectos hidroeléctricos conducen a la pérdida de tierras, junto con la pérdida irreversible de las poblaciones de las especies y los ecosistemas. Sin embargo, hay opciones para reducir al mínimo estos efectos, es decir, micro y pequeñas empresas o proyectos de esorrentía fluvial.	<ul style="list-style-type: none"> - Si se evitan las migraciones de peces. - Si el flujo de oxígeno, el pulso de inundación y el contenido de los sedimentos se altera.

Fuente: Choudhury *et al.* 2004

En conclusión, para que la ejecución de las actividades previstas en el Protocolo de Kyoto sean compatibles con los objetivos de la CDB, se deben considerar:

- si las actividades se pueden definir de tal manera que las prácticas y las opciones de gestión con repercusiones negativas sobre la biodiversidad puedan ser excluidas o minimizadas;
- si se desarrollan las normas y los criterios adecuados para la implementación de las actividades que garanticen que los efectos adversos sobre la diversidad biológica se eviten;
- si se desarrollan herramientas e instrumentos funcionales a nivel mundial y nacional que garanticen la consideración de los efectos adversos sobre la diversidad biológica con la ejecución de las actividades;
- si se establece el adecuado control y monitoreo que garantice que después de la implementación, se puedan evitar y minimizar los impactos negativos.

Además de las medidas de mitigación del cambio climático, las siguientes recomendaciones se pueden dar y todas estas actividades al mismo tiempo consideran las circunstancias beneficiosas para la diversidad biológica:

- si las especies nativas son favorecidas por encima de las no nativas;
- si el uso de plaguicidas se reducen al mínimo;
- si el uso de fertilizantes es mínimo;
- si el uso de organismos genéticamente modificados (OGM) queda excluido;
- si se incluyen las actividades de restauración o conservación de los ecosistemas nativos.

Otro elemento importante a considerar para analizar los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad, es la relación cambio climático y recursos hídricos (Bates *et al.* 2008).

Es claro que los regímenes de temperatura y humedad están entre las variables clave que determinan la distribución, el crecimiento y la productividad, y la reproducción de plantas y animales. Los cambios en la hidrología pueden influir sobre las especies en una variedad de maneras, pero los procesos mejor comprendidos son aquellos que vinculan la disponibilidad de humedad. Los cambios en el clima que se prevén en las próximas décadas tendrán diversos efectos sobre la disponibilidad de humedad, que van desde alteraciones en el calendario y el volumen de caudal a la reducción de los niveles de agua en muchos humedales, la expansión de lagos en el Ártico, y una disminución en la disponibilidad de agua de niebla en los bosques tropicales de montaña.

Se considera que debido a los efectos combinados de la temperatura y el estrés hídrico, aumentará la extinción de algunos anfibios y otras especies acuáticas en Costa Rica. En los bosques montanos, muchas especies dependen de la niebla como su fuente de agua; pero el calentamiento global elevará la base de la nube y afectará a las especies dependientes de este recurso. Sin embargo, de todos los ecosistemas los de agua dulce parecen tener la mayor proporción de especies en peligro de extinción debido al cambio climático (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

4.2. Actividades orientadas a mitigación de la biodiversidad en Costa Rica.

Dentro del contexto arriba presentado, se puede realizar un análisis del impacto de las medidas de mitigación al cambio climático sobre la biodiversidad en Costa Rica. Es importante señalar que muchas de las medidas de mitigación presentes en el país, no necesariamente obedecen a una política explícita de mitigación al cambio climático, sino más bien son respuesta a políticas de conservación y recuperación de cobertura boscosa en el país, en atención a intensos procesos de deforestación que se dieron en las décadas de los 70 y 80 con promedios superior a 60.000 hectáreas anuales. A continuación se presentan algunas de estas medidas con un análisis de los posibles efectos positivos y negativos sobre la biodiversidad:

- a. Plantaciones forestales: A partir del año 1979, Costa Rica inició una nueva experiencia en el área forestal como fue el establecimiento de plantaciones forestales con fines comerciales. Para ello se aprovechó el sistema de incentivos previstos en la Ley Forestal No.4465 y sus modificaciones. De 1979 al 2002 en el país se establecieron 171.094 ha de plantaciones, la mayoría (124.377 ha) mediante diversos mecanismos de incentivos fiscales y certificados de abono forestal; 15.526 ha mediante el actual sistema de pago de servicios ambientales y 31.241 ha con inversión privada (<http://www.una.ac.cr/ambi/Ambien-Tico/123/Soto.htm>). Es importante señalar que la mayoría de las plantaciones han utilizado especies exóticas (melina, *Gmelina arborea*, y teca, *Tectona grandis*) establecidas como monocultivos.

Con base en la información que se presenta en el Cuadro 11 se puede concluir que las acciones de reforestación realizadas en el país potencialmente producen más efectos negativos que positivos sobre la diversidad biológica. Por ejemplo, en las etapas iniciales se partió de la destrucción de ecosistemas naturales (bosques transformados en plantaciones) o terrenos que estaban en diversas etapas de sucesión natural; la mayor parte de la reforestación realizada se basa en monocultivos de especies exóticas de una misma edad con rotaciones de corta con un máximo de diez años.

Durante el año 2007 se elaboró la Estrategia Nacional de Cambio Climático en la cual el país asume el compromiso internacional de alcanzar la neutralidad en emisiones de carbono para el año 2021 (Estado de la Nación, 2007). La neutralidad propuesta se fundamenta en un esquema voluntario de compensación de emisiones, en principio relacionado con el uso del suelo (reducción de la deforestación, siembra de árboles). Durante ese año se realizó la campaña *¡A que sembrás un árbol!*, orientada a la siembra de árboles, principalmente, autóctonos, adecuados al ambiente local y preferentemente en combinaciones de especies, lo que podría ser un elemento positivo, pero se requiere tiempo para evaluar el impacto de esta medida sobre la biodiversidad.

- b. Regeneración natural (bosques secundarios). De acuerdo con información del SINAC presentada por el Estado de la Nación 2007, al año 2000 existían más de 580.000 ha de bosque tipo secundario, producto principalmente del abandono de terrenos que estaban siendo utilizados en ganadería extensiva, en especial, en la región Chorotega. Muchos de estos terrenos se han acogido al sistema de pago de servicios ambientales de protección, con lo cual se le da una seguridad temporal para su mantenimiento y conservación. De acuerdo con el Cuadro 11 estos terrenos que tienen actualmente la función de mitigación, potencialmente contribuyen a conservar la biodiversidad, ya que esta regeneración natural y las especies nativas que se utilizan reflejan en su mayoría, propiedades estructurales de los bosques de los alrededores.

- c. Proyectos de producción de energía limpia: Costa Rica, se ha destacado en el aprovechamiento de energías limpias como la eólica, geotérmica, biomasa e hidroeléctrica. Por ejemplo, en el 2007 el 81% de la producción de electricidad en el país se basó en fuentes renovables (hidroeléctrica 69%, geotérmica 8%, eólica 3% y biomásica 1%) (Estado de la Nación, 2008).

Los proyectos de producción de energía hidroeléctrica potencialmente pueden tener efectos negativos y positivos sobre la diversidad biológica. Es claro que proyectos hidroeléctricos como Arenal, han conducido a la pérdida de tierras, junto con la pérdida, posiblemente, irreversible de las poblaciones de especies y ecosistemas. No obstante, a mediano plazo, es posible que se tenga también efectos positivos sobre la biodiversidad, ya que para darle una vida útil apropiada, se requieren medidas de conservación de las cuencas altas, lo que en muchos casos implica la restauración y recuperación de las mismas, con lo cual se estaría contribuyendo no solo a la mitigación sino también a la conservación y restauración de ecosistemas. En el caso de Costa Rica, tanto las instituciones de gobierno a cargo de proyectos hidroeléctricos como el ICE y Compañía Nacional de Fuerza y Luz, así como empresas privadas (Hidroeléctrica Platanar, Energía global) aportan recursos a FONAFIFO para implementar medidas de pago de servicios ambientales para conservación en cuencas de interés.

Un caso que requiere de mayor investigación sobre el potencial impacto sobre la biodiversidad e inclusive sobre la seguridad alimentaria del país, es el potencial desarrollo de proyectos para producción de biocombustibles como una medida de mitigación de gran impacto. No obstante, esta medida ha sido de debate internacional por las posibles implicaciones energéticas, ambientales y económicas, como por su relación con la seguridad ambiental y nutricional. Según el Estado de la Nación 2007, la Comisión Nacional de Biocombustibles tiene como expectativa que toda la gasolina tenga en el 2010 un 10% de etanol y el diesel un 20% de biodiesel. Lo anterior significa que el país debe invertir cerca de 484 millones de dólares en cultivos y en la industria para cumplir con el objetivo. Las potenciales plantaciones de especies aptas para la producción de biodiesel y etanol, implican el desarrollo de grandes extensiones de monocultivos que potencialmente afectarían la diversidad biológica a nivel de especies y pérdida de ecosistemas, al limitar la posibilidad de conectividad biológica. Sin embargo, hay opciones para reducir al mínimo estos efectos, es decir, empresas pequeñas y microempresas o proyectos de escurrentía fluvial.

- d. Ampliación de monocultivos agrícolas: Como parte de las medidas llevadas a cabo por el país para la diversificación agrícola. Dentro de los cultivos agrícolas en que se ha incrementado la producción están la piña y los cítricos que requieren de grandes extensiones de monocultivo con la utilización de fuertes cantidades de agroquímicos. Estas actividades que se desarrollan principalmente en las regiones Huetar Norte y Huetar Atlántica, tiene implicaciones potencialmente muy negativas para la diversidad biológica, tal y como se muestra en el Cuadro 11.
- e. Políticas de conservación del país: Aunque las políticas de conservación que se han venido desarrollando en los últimos años en el país no fueron establecidas como medidas de mitigación, si son un elemento fundamental en la capacidad de adaptación que puede tener el país ante los efectos del cambio climático. En este caso, las relaciones entre la diversidad biológica y el cambio climático actúan en ambas direcciones.

El contar con el Sistema Nacional de Áreas de Conservación como el elemento integrador a nivel de gobierno de las políticas ambientales del país; el disponer de un sistema de áreas protegidas que cubre más del 25% del territorio nacional; el Programa Nacional de Pago de Servicios Ambientales (PSA) a cargo de FONAFIFO mediante el cual se protege más del 1% del territorio continental con bosques privados del país; el Programa Nacional de Corredores Biológicos que cubre cerca del 24% del territorio nacional, estudios como el proyecto GRUAS II (SINAC 2007 a, b) que realiza un análisis de vacíos de conservación en el país, son elementos que contribuyen positivamente no solo a la conservación de la diversidad biológica del país, sino también a mitigar los efectos del cambio climático.

5. Acciones, sinergias y alianzas en relación con Biodiversidad y Cambio Climático.

5.1. Marco institucional y de políticas⁸

En el plano jurídico e institucional se cuenta con una plataforma a nivel internacional, regional y nacional que se ha desarrollado durante los últimos veinte años, donde un conjunto de organizaciones, convenciones y protocolos internacionales han desarrollado un activo accionar dirigido a llamar la atención sobre la urgente necesidad de iniciar y agilizar un trabajo compartido, orientado hacia la preparación de los países para la adaptación y mitigación al cambio climático.

El cambio climático forma parte de las preocupaciones de más alto nivel político en el país, lo que se evidencia en instrumentos de gestión como el Plan Nacional de Desarrollo, la Iniciativa Presidencial Paz con la Naturaleza y el Acuerdo del Consejo de Gobierno del 1º de agosto del 2007.

El plan Plan Nacional de Desarrollo 2007-2010 en el Eje de Política Ambiental, Energética y Telecomunicaciones estipula el compromiso de ejecutar una serie de acciones estratégicas, que muestran la necesidad de facilitar la implementación de una visión integral del ambiente, articulada mediante varios planes.

En el caso del Plan Nacional de Cambio Climático se espera consolidar la construcción de infraestructura física y tecnológica de prevención de desastres por fenómenos hidrometeorológicos extremos, así como consolidar una visión de país y un mecanismo de coordinación interinstitucional para atender los retos y oportunidades del cambio climático en los diversos sectores del país

La iniciativa “Paz con la naturaleza” contempla el cambio climático como una de las áreas prioritarias de acción, habiendo adquirido el Gobierno de la República, el compromiso de que Costa Rica sea un país neutral en carbono para el año dos mil veintiuno.

El Acuerdo de Consejo de Gobierno del 1º de agosto 2007 solicita, entre otros: a todas las instituciones públicas, e insta a los Gobiernos Locales e instituciones autónomas, a elaborar y poner en ejecución un plan de acción de corto, mediano y largo con metas claras que contemple los cinco ejes de la Estrategia Nacional de Cambio Climático; y, a los otros Poderes de la República contribuir al esfuerzo que el país debe realizar para enfrentar la amenaza del Cambio Climático y adherirse a la Estrategia Nacional de Cambio Climático. Para ello, contarán con el apoyo del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones.

5.2. Perspectiva del Convenio sobre Diversidad Biológica

La Secretaría del Convenio sobre diversidad Biológica desarrolló en el 2003 un documento de análisis de las interrelaciones entre la Diversidad Biológica y el Cambio Climático, este apartado se basa en el resumen ejecutivo de dicho documento.

5.2.1. Biodiversidad y sus relaciones con el cambio climático

Como ya se ha indicado, la diversidad biológica está determinada por la interacción de muchos factores que varían espacial y temporalmente, entre ellos se encuentran:

- el clima y la variabilidad del clima;
- la disponibilidad de recursos y la productividad general de un sitio;

⁸ IMN, 2009.

- el régimen de perturbación y la ocurrencia de perturbaciones cósmicas (por ejemplo, meteoritos), tectónicas, climáticas, biológicas o de origen antrópico;
- la diversidad biológica original de un sitio dado y las oportunidades de dispersión o barreras;
- la heterogeneidad espacial de los hábitat;
- la intensidad y la interdependencia de las interacciones bióticas, tales como competencia, depredación, mutualismo y simbiosis, y
- la intensidad y el tipo de la reproducción sexual y la recombinación genética. La diversidad biológica en todos los niveles no es estática, así como la dinámica de la evolución natural y los procesos ecológicos inducen una tasa base de cambio.

La diversidad biológica es la base de los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas que son cruciales para la supervivencia y el bienestar humano. Estos pueden ser clasificados a lo largo de varias líneas:

- *servicios de apoyo* al mantenimiento de las condiciones de vida en la Tierra, incluyendo, formación y retención del suelo, el ciclo de nutrientes, la producción primaria;
- *servicios de regulación* incluyen la regulación de la calidad del aire, el clima, las inundaciones, la erosión del suelo, purificación del agua, tratamiento de desechos, la polinización y control biológico de plagas y enfermedades de los humanos, la ganadería y la agricultura;
- *servicios de provisión* incluyen el suministro de alimentos, leña, fibra, sustancias bioquímicas, medicinas naturales, productos farmacéuticos, los recursos genéticos, y de agua dulce, y
- *servicios culturales* proporcionan beneficios no materiales incluyendo diversidad cultural y la identidad, valores espirituales y religiosos, sistemas de conocimientos, valores educativos, inspiración, valores estéticos, relaciones sociales, sentido de lugar, el patrimonio cultural, recreación, servicios comunales y valores simbólicos.

Los cambios en el clima han dado lugar a grandes cambios en la variedad de especies y marcaron la reorganización de comunidades biológicas, paisajes y biomas. La biota mundial actual se vio afectada por las fluctuaciones de las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico, temperatura y precipitación del Pleistoceno (último 1,8 millones de años) y ante estos cambios ha respondido con diversos cambios evolutivos, plasticidad, movimientos de rango y la capacidad de sobrevivir en pequeños parches de hábitat favorable o refugios. Estos cambios se produjeron en un paisaje que no era tan fragmentado como lo es hoy, y con poca o ninguna presión de las actividades humanas.

La fragmentación antropogénica del hábitat ha confinado a muchas especies a zonas relativamente pequeñas dentro de sus límites anteriores, con una reducción de la variabilidad genética. El calentamiento más allá de los límites máximos de temperatura alcanzados durante el Pleistoceno estresará los ecosistemas y su biodiversidad mucho más allá de los niveles impuestos por el cambio climático global que se produjeron en el reciente pasado evolutivo.

Las tasas actuales y la magnitud de la extinción de especies, relacionadas con las actividades humanas, superan con mucho las tasas normales. Las actividades humanas han dado lugar a la pérdida de la diversidad biológica y, por tanto, pueden haber afectado los bienes y servicios esenciales para el bienestar humano.

Ante estos cambios las comunidades funcionalmente diversas son más propensas a adaptarse al cambio climático y la variabilidad del clima que las empobrecidas, condición que se ve favorecida en las primeras por una mayor diversidad genética, lo que parece aumentar su persistencia a largo plazo. Sin embargo, el efecto de la naturaleza y la magnitud de la diversidad genética y de especies en determinados procesos de los ecosistemas es aún poco conocida.

5.2.2. Convenio sobre Diversidad Biológica y opciones de mitigación del cambio climático.

Dentro de los elementos de vinculación entre diversidad biológica y cambio climático se tiene que:

- Dado que los ecosistemas terrestres y oceánicos desempeñan un papel importante en el ciclo global del carbono, su adecuada gestión puede aportar una contribución significativa a la reducción de la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera.
- El enfoque ecosistémico de la Convención sobre la Diversidad Biológica proporciona un marco holístico que considera múltiples escalas temporales y espaciales y puede ayudar al equilibrio ecológico, económico y social en los proyectos, programas y políticas relacionadas con la mitigación del cambio climático.
- El uso de la tierra, cambio de uso del suelo y las actividades forestales pueden desempeñar un papel importante en la reducción neta de emisiones de gases de invernadero a la atmósfera, así, mediante una adecuada selección de estrategia se puede aumentar la mitigación mediante la aforestación, la reforestación, deforestación evitada, y la agricultura, tierras de pastoreo, y la ordenación de los bosques, contribuyendo simultáneamente con la diversidad biológica.
- La aforestación⁹ y la reforestación¹⁰ pueden tener impactos positivos, neutros o negativos sobre la biodiversidad en función de los ecosistemas que se sustituyan, las opciones de gestión aplicadas y las escalas espaciales y temporales.
- Las plantaciones pueden contribuir a la capacidad de dispersión de algunas especies entre parches de hábitat en un paisaje fragmentado. Incluso las plantaciones de una sola especie puede conferir algunos beneficios para la biodiversidad local, especialmente si incorporan características como permitir vacíos en el dosel, el mantenimiento de algunos componentes de madera muerta y la conectividad del paisaje.
- La protección de los bosques mediante la deforestación evitada puede tener impactos sociales positivos o negativos. Los posibles conflictos entre la protección de los ecosistemas boscosos y los efectos secundarios negativos, las restricciones sobre las actividades de las poblaciones locales, la reducción de los ingresos, y / o reducción de los productos procedentes de estos bosques, puede ser minimizado mediante el manejo del paisaje, así como por el uso de evaluaciones ambientales y sociales.
- Los sistemas agroforestales tienen un gran potencial de secuestrar carbono y pueden reducir la erosión del suelo, moderar los extremos climáticos en los cultivos, mejorar la calidad del agua, y proporcionar bienes y servicios a la población local.
- La adecuada gestión agrícola, además de aportar a la mitigación, también puede tener efectos positivos sobre la biodiversidad, en función de la práctica y el contexto en el que se aplica.
- Evitar la degradación de las turberas y ciénagas es beneficioso para la mitigación. Las turberas y ciénagas contienen grandes depósitos de carbono, sin embargo, en los últimos decenios, el drenaje antropogénico y el cambio climático han cambiado las turberas de un sumidero global de carbono a nivel mundial a una fuente de carbono. El drenaje de las turberas para actividades de aforestación y reforestación no podrá dar lugar a una absorción neta de carbono y en el corto plazo daría lugar a emisiones de carbono.
- Aunque las plantaciones para biocombustibles tienen el potencial de sustituir la energía de los combustibles fósiles con energía de combustibles de la biomasa, pueden tener efectos adversos sobre la biodiversidad si se sustituyen los ecosistemas con mayor diversidad biológica. Las plantaciones para biocombustibles en tierras degradadas o sitios agrícolas abandonados podría beneficiar la diversidad biológica.
- Aunque la energía hidroeléctrica tiene un potencial significativo para mitigar el cambio climático y la reducción de la intensidad de gases de efecto invernadero, también puede tener efectos adversos potenciales sobre la diversidad biológica.

⁹ Aforestación requiere la plantación de árboles en tierras que no figura un bosque de más de 50 años.

¹⁰ Reforestación requiere plantar árboles en tierras que no tenían bosque en 1990.

5.2.3. Convenio sobre Diversidad Biológica y opciones de adaptación al cambio climático.

Dentro de los elementos de vinculación entre diversidad biológica y cambio climático se tiene que:

- El enfoque ecosistémico de la Convención sobre la Diversidad Biológica proporciona un marco holístico que considera múltiples escalas temporales y espaciales y puede ayudar al equilibrio ecológico, económico y social en los proyectos, programas y políticas relacionadas con la adaptación al cambio climático.
- El manejo adaptativo permite la reevaluación de los resultados a través del tiempo y las alteraciones en las estrategias de gestión y reglamentos para lograr los objetivos.
- La aforestación¹¹ y la reforestación¹² pueden tener impactos positivos, neutros o negativos sobre la biodiversidad en función de los ecosistemas que se sustituyan, las opciones de gestión aplicadas y las escalas espaciales y temporales.
- Las plantaciones de especies de árboles nativos apoyarán la diversidad biológica más que las de especies exóticas y las plantaciones mixtas por lo general apoyarán más la diversidad biológica que los monocultivos.
- Las plantaciones pueden contribuir a la capacidad de dispersión de algunas especies entre parches de hábitat en un paisaje fragmentado. Incluso las plantaciones de una sola especie puede conferir algunos beneficios para la biodiversidad local, especialmente si incorporan características como permitir vacíos en el dosel, el mantenimiento de algunos componentes de madera muerta y la conectividad del paisaje.
- La protección de los bosques mediante la deforestación evitada puede tener impactos sociales positivos o negativos. Los posibles conflictos entre la protección de los ecosistemas boscosos y los efectos secundarios negativos, las restricciones sobre las actividades de las poblaciones locales, la reducción de los ingresos, y / o reducción de los productos procedentes de estos bosques, puede ser minimizado mediante el manejo del paisaje, así como por el uso de evaluaciones ambientales y sociales.
- La adecuada gestión agrícola puede tener efectos positivos sobre la biodiversidad, en función de la práctica y el contexto en el que se aplica.
- Aunque las plantaciones para biocombustibles tienen el potencial de sustituir la energía de los combustibles fósiles con energía de combustibles de la biomasa, pueden tener efectos adversos sobre la biodiversidad si se sustituyen los ecosistemas con mayor diversidad biológica. Las plantaciones para biocombustibles en tierras degradadas o sitios agrícolas abandonados podría beneficiar la diversidad biológica.
- Las fuentes de energía renovables (residuos de cultivos, la energía solar y eólica) pueden tener efectos positivos o negativos sobre la diversidad biológica dependiendo de la selección del sitio y las prácticas de manejo.
- Las actividades de adaptación puede tener consecuencias negativas o efectos positivos sobre la diversidad biológica, los efectos positivos pueden lograrse mediante: el mantenimiento y la restauración de los ecosistemas nativos, la protección y el mejoramiento de los servicios de los ecosistemas; la prevención activa y el control de las especies exóticas invasoras; el manejo de hábitat para especies raras, amenazadas y en peligro de extinción.
- Las actividades de adaptación pueden amenazar la diversidad biológica, ya sea directamente mediante la destrucción de los hábitat, por ejemplo, la construcción de malecones, lo que afecta a los ecosistemas costeros, o indirectamente, mediante la introducción de nuevas especies o cambios en el manejo, por ejemplo, la maricultura o acuicultura.
- La reducción de otras presiones sobre la biodiversidad como la conversión de hábitat, la recolección excesiva, la contaminación, y las invasiones de especies exóticas, constituyen importantes medidas de adaptación al cambio climático.
- La conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas son estrategias importantes de adaptación al cambio climático debido a que las

¹¹ Aforestación requiere la plantación de árboles en tierras que no figura un bosque de más de 50 años.

¹² Reforestación requiere plantar árboles en tierras que no tenían bosque en 1990.

- poblaciones genéticamente diversas y los ecosistemas ricos en especies tienen un mayor potencial para adaptarse al cambio climático.
- La protección, restauración o creación de ecosistemas biológicamente diversos que proporcionan importantes bienes y servicios pueden constituir importantes medidas de adaptación para climático.
 - Fortalecer la generación y la valoración de bienes y servicios provenientes de los ecosistemas.
 - Promover diferentes formas de conservación privada (corredores biológicos, reservas privadas, servidumbres).
 - Incorporar al pago de servicios ambientales las dimensiones del cambio climático.
 - Fomentar el manejo forestal sostenible. Practicar una silvicultura de baja intensidad.
 - Fortalecer las acciones de protección y manejo sostenible en arrecifes de coral en ambas costas y ecosistemas de interés particular como Golfo de Papagayo, de Nicoya, Dulce y humedal Térraba-Sierpe.
 - Consolidar el ordenamiento ecosistémico dinámico ante el cambio climático del territorio nacional para la conservación de la biodiversidad, que integre iniciativas como la de Grúas II, corredores biológicos, bosques modelo, unidades ecológicas de gestión para la conservación de la biodiversidad (enfoque ecosistémico).
 - Fortalecer la coordinación interinstitucional y alianzas para la gestión sinérgica entre biodiversidad y cambio climático.
 - Promover la investigación, monitoreo-evaluación y el desarrollo tecnológico para la adaptación de las especies y ecosistemas al cambio climático.
 - Ordenar la gestión sostenible de los recursos marinos y marino-costeros en relación con el cambio climático.
 - Fortalecer los mecanismos participativos y de sensibilización de la sociedad civil con el apoyo de los medios de comunicación masiva.
 - Fortalecer los programas de educación formal y no formal que incluyan las dimensiones del cambio climático.

5.2.4. Enfoques para prestar apoyo a la planificación, la toma de decisiones y debates públicos

- Existe una clara oportunidad de poner en práctica las actividades mutuamente beneficiosas (políticas y proyectos) que aprovechan las sinergias entre la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y su Protocolo de Kyoto, el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la más ampliamente los objetivos nacionales de desarrollo.
- La experiencia demuestra que procesos de toma de decisiones transparentes y participativas con la participación de todos los interesados directos pertinentes, integrados en el proyecto o el diseño de políticas desde el principio, puede aumentar la probabilidad de éxito a largo plazo.
- Una gama de herramientas y procesos están disponibles para evaluar los efectos económicos, ambientales y sociales de las diferentes actividades de mitigación del cambio climático y de adaptación (proyectos y políticas) en el contexto más amplio del desarrollo sostenible.
- Las evaluaciones del impacto ambiental y evaluaciones ambientales estratégicas puede ser integradas en el diseño de la mitigación del cambio climático y la adaptación de políticas y proyectos para ayudar a los planificadores, tomadores de decisiones y todas las partes interesadas para identificar y reducir los impactos ambientales y sociales potencialmente nocivos y aumentar la probabilidad de beneficios positivos tales como el almacenamiento de carbono, la conservación de la biodiversidad y la mejora de los medios de subsistencia.
- Los marcos analíticos de decisión son herramientas que pueden utilizarse para evaluar las consecuencias económicas, sociales y ambientales de la mitigación del cambio climático y las actividades de adaptación y conservación de la diversidad biológica.
- Se dispone de métodos para determinar los cambios en los valores de uso y no uso de los bienes y servicios de las actividades de mitigación y adaptación al cambio climático.
- Sin un conjunto mínimo de estándares internacionales sobre el medio ambiente y sociales, los proyectos de mitigación del cambio climático podrían dirigirse a los países con un nivel mínimo o

con normas inexistente, afectando negativamente la diversidad biológica y a las sociedades humanas.

- Sistemas de criterios e indicadores nacionales, regionales y posiblemente internacionales podrían ser útiles en el seguimiento y la evaluación del impacto del cambio climático y en la evaluación de los efectos de la mitigación del cambio climático y las actividades de adaptación sobre la biodiversidad y otros aspectos del desarrollo sostenible.
- Una evaluación crítica de los criterios e indicadores actuales desarrollados en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica, y las muchas otras iniciativas nacionales e internacionales podrían ayudar en la evaluación de su utilidad para evaluar el impacto de las actividades emprendidas por las Partes de la CMNUCC y su Protocolo de Kyoto.
- Los procesos de monitoreo y evaluación que involucren a las comunidades e instituciones más afectadas por las actividades de mitigación y adaptación al cambio climático y que reconozcan que diferentes escalas espaciales y temporales serán necesarias para evaluar las consecuencias de estas actividades, es probable que sean las más sostenibles.

5.3. Medidas de adaptación para el caso de Costa Rica

El país ha desarrollado durante las últimas décadas una serie de acciones relacionadas con la conservación de la biodiversidad y el manejo de los recursos en general que son la base para la implementación de medidas de adaptación al cambio climático. Entre estas acciones se encuentra la creación y el fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, el Programa de Pago de Servicios Ambientales y la información sobre biodiversidad generada por múltiples universidades y centros de investigación tanto públicos como privados.

En el caso del recurso hídrico, en el estudio relacionado con la “Estrategia de adaptación del sistema hídrico al cambio climático en la zona noroccidental del Gran Área Metropolitana” (Retana-Barrantes et al. 2007), se indica que se identificaron 77 medidas que se están ejecutando y que se pueden relacionar con la adaptación al cambio de clima, aunque no fueron concebidas con este sentido. Veinte medidas pertenecen al sector agropecuario, ocho al forestal, siete a industria, cinco a organización, cuatro a vivienda, salud e infraestructura, trece a servicios públicos de agua, seis a servicios públicos de saneamiento y cinco a servicios públicos de electricidad (Miranda et al. 2005).

En diversas instancias se han propuesto medidas de adaptación que se podrían aplicar en el país para la adaptación de la diversidad al cambio climático, y es claro que muchas de ellas están relacionadas con los posibles impactos actuales y futuros del cambio climático sobre la biodiversidad mencionados en los capítulos 2 y 3 de este estudio. A continuación se presenta un resumen de las mismas.

5.3.1. Investigación

- Definición de criterios para determinar la vulnerabilidad de la biodiversidad ante el cambio climático.
- Identificación de los vacíos de información con respecto a los diferentes componentes de la biodiversidad.
- Evaluación del impacto de otros impulsores de cambio sobre la relación biodiversidad.
- Revisión e integración de los diferentes escenarios de cambio climático generados para el país.
- Generación de datos con respecto a los volúmenes de captura y emisión de carbono según las especies o vegetación que se promueva.
- Evaluación del sistema de Áreas Silvestres Protegidas a la luz de los conceptos de resiliencia y cambio climático.
- Implementación de un programa de monitoreo de la biodiversidad y la adecuada sistematización de la información generada que permita contar con métrica confiable y verificable.
- Actualización de datos sobre componentes como el suelo.
- Mejorar el sistema de estaciones meteorológicas.

5.3.2. Manejo

- Ajuste del Sistema de Áreas Silvestres Protegidas a la luz de los conceptos de resiliencia y cambio climático, incorporando propuestas como la de vacíos de conservación y consolidación de ASP identificadas en GRUAS II.
- Gestión integrada y sostenible del recurso hídrico integrando las dimensiones del cambio climático.
- Gestión de hábitat enfocada en especies en peligro.
- Mejora de las acciones de control de cambio de uso del suelo y tala ilegal.
- Incorporación al mantenimiento y restablecimiento de ecosistemas naturales de los posibles impactos del cambio climático.
- Promoción de la gestión sostenible y del manejo adaptativo tanto dentro como fuera de las ASP.
- Ordenamiento de la gestión sostenible de los recursos marinos y marino-costeros en relación con el cambio climático
- Fortalecimiento de la generación y la valoración de los bienes y los servicios provenientes de los ecosistemas.
- Promoción de diferentes formas de conservación privada (corredores biológicos, reservas privadas, servidumbres).
- Incorporación al pago de servicios ambientales de las dimensiones del cambio climático.
- Fortalecimiento de las acciones de protección y manejo sostenible en arrecifes de coral en ambas costas y ecosistemas de interés particular como Golfo de Papagayo, de Nicoya, Dulce y humedal Terraba-Sierpe.
- Definir planes de gestión adaptativa para los componentes de la biodiversidad priorizados.
- Ordenamiento ecosistémico dinámico del territorio integrando iniciativas como Corredores biológicos (Grúas II), Bosques modelo y Unidades Socioecológicas de Gestión.

5.3.3. Políticas

- Elaboración e implementación de un Plan Nacional Marino y Marino-costero con base en Grúas II.
- Actualización e implementación de la Estrategia Nacional de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad y la de Humedales.
- Determinación y eliminación de las inconsistencias en el marco legal y político de los diferentes entes estatales.
- Articulación de las políticas, planes y programas a nivel interinstitucional que permitan implementar las medidas de adaptación en las instancias relacionadas con la biodiversidad.
- Aplicación del marco legal nacional e internacional relacionado con la gestión sostenible de la biodiversidad y el impacto del cambio climático.

5.3.4. Institucionales

- Análisis del costo beneficio de las diferentes alternativas de adaptación.
- Implementación del mecanismo para mejorar la complementariedad y las sinergias en la implementación de las convenciones ambientales globales, propuesto por el proyecto "autoevaluación de capacidades nacionales para la implementación de las convenciones ambientales" (Ulate & Villegas, 2007).
- Establecimiento de una instancia de coordinación interinstitucional que permita integrar la información, el conocimiento y las iniciativas relacionadas con la interacción entre la biodiversidad y el Cambio Climático.
- Articulación de las acciones de los órganos de MINAET relacionados con la conservación de la biodiversidad y cambio climático.
- Consolidación de la capacidad institucional de los órganos de MINAET relacionados con la conservación de la biodiversidad y cambio climático (SINAC, CONAGEBIO, FONAFIFO, IMN, SETENA, Departamento de Aguas, DSE)
- Fortalecimiento de la coordinación interinstitucional y alianzas para la gestión sinérgica entre biodiversidad y cambio climático.

- Establecimiento de una red de información científica a nivel nacional e internacional que facilite la determinación de la vulnerabilidad y la respuesta a las medidas de adaptación de la biodiversidad ante el cambio climático.
- Fortalecimiento de las alianzas entre el Estado, el sector privado y académico.

5.3.5. Educación y sensibilización

- Fortalecimiento de los mecanismos participativos y de sensibilización de la sociedad civil con el apoyo de los medios de comunicación masiva.
- Fortalecimiento de los programas de educación formal y no formal que incluyan las dimensiones del cambio climático y la biodiversidad.

6. Capacidades nacionales en el tema de Biodiversidad y Cambio Climático.

Costa Rica tiene en general capacidad técnica de alto nivel y con experiencia para generar y analizar investigaciones sobre biodiversidad y cambio climático (Cuadro 13, información adicional en los Cuadros 15, 16 y 17). Existen escenarios climáticos al 2010, 2030 y 2100, hay estudios de vulnerabilidad e impactos (aunque hay dificultad para disponer de datos históricos para realizar estos estudios), existe información actualizada sobre el potencial de mitigación del sector forestal sobre causas de emisiones, e inventarios, entre muchos otros.

El presente estudio permitió describir la tarea que se está realizando en materia de investigaciones, quizá es más de lo que se esperaba, pero esto no significa que sea suficiente o la necesaria, sin embargo, lo importante es que no se parte de cero, hay camino recorrido. Pero es necesario revisar, orientar e integrar esta capacidad de tal forma que responda a las necesidades que en foros nacionales e internacionales se han ido perfilando. La Convención de Cambio Climático (CMCC) por ejemplo, al igual que la Convención sobre Diversidad Biológica y la de Desertificación, han desarrollado agendas de investigaciones básicas necesarias para tratar el tema tanto individualmente como en forma coordinada entre convenciones y sugiere a los países implementarlas según sus posibilidades.

La orientación de las investigaciones debe darlo el ente rector, que para el país es el MINAET mediante la OCIC, el IMN y la Carbono Neutralidad. Es claro que aunque haya un ente rector, las gestiones para atender las investigaciones en cambio climático y todo lo relacionado en general, debería ser asumido como un tema transversal en todo el Gobierno, posiblemente otros ministerios, para que tengan más capacidad de actuaciones directas en temas relacionados con mitigación y adaptación. En estos momentos, los espacios para la planificación, coordinación y generación de información entre las instituciones del Estado, y de éstas con otros sectores de la sociedad es ocasional y disperso; las investigaciones que se han generado según el presente informe, son una muestra de esta dispersión (Ulate & Villegas, 2007).

Para que el ente rector pueda ejercer sus acciones adecuadamente, se requiere revisar, ordenar e integrar el marco legal existente de manera que facilite aplicar los diversos temas que aborda la CMCC, sin duplicación de funciones, sin dispersión, ni confusión en las competencias. Es necesario este fortalecimiento también para que la información generada por las investigaciones sea adecuadamente procesada para que logre el propósito de educar a diferentes sectores de la sociedad y procurar cambios de actitud y prácticas que atentan contra los esfuerzos de contrarrestar el cambio climático (Ulate & Villegas, 2007).

Cuadro 12. Capacidades existentes en el país para el desarrollo y promoción de la investigación en biodiversidad y cambio climático (recursos).

Institución/Centro de investigación	Área de trabajo	Otras capacidades
Departamento de recursos naturales y ambiente, CATIE	Bosques Áreas protegidas Biodiversidad Cambio Global Manejo de cuencas	Laboratorio de sistemas de información geográfica
Centro Científico Tropical, CCT	Ecología Carbono y cambio climático	Certificación
FUNDECOR	Manejo de bosque Servicios ambientales	Laboratorio de sistemas de información geográfica
INBio	Inventarios, monitoreo, conservación en general	Laboratorios de sistemas de información geográfica, el INBioparque como medio de divulgación y educación ambiental.
Organización para Estudios Tropicales	Biología tropical	Conexión con investigadores y universidades estadounidenses
Universidades estatales-escuelas de ciencias naturales, biológicas y ambientales y geológicas, centros de investigación agronómicos, forestales, marinos, económicos, vida silvestre	Recursos naturales y su estado, estado, análisis químicos, estudios de poblaciones animales y vegetales y ecosistemas, análisis económicos de impactos	Laboratorios de sistemas de información geográfica, relación con otras facultades y escuelas para realizar estudios multidisciplinarios.
UICN	Humedales	Relación con países centroamericanos y latinoamericanos
Ministerio de Agricultura y Ganadería	Agricultura en general e investigación relacionada	Sistemas de información geográfica
Instituto Meteorológico Nacional	Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Escenarios de cambio climático con indicadores como temperatura y precipitación para todo el país. Estudios de vulnerabilidad, amenaza climática, riesgo actual y futuro, adaptación, impactos asociados al clima, la variabilidad climática y	Sistemas de información geográfica

Institución/Centro de investigación	Área de trabajo	Otras capacidades
	el cambio climático.	
Oficina de Implementación Conjunta (OCIC)-MINAET	Dependencia del MINAE con función facilitadora para la participación pública y privada en el marco de la Convención (Mecanismo de Desarrollo Limpio) y el Protocolo de Kyoto.	Búsqueda de financiamiento, coordinación de acciones, programas para establecer políticas.
FONAFIFO	Pago de servicios ambientales, monitoreo	Acciones en todo el país, sistemas de información geográfica
Oficina Nacional Forestal	Información sobre el sector forestal en el país (estado, perspectivas). Trámites de pago de servicios ambientales	Integra información de varias fuentes sobre el sector forestal y sus actividades

Costa Rica tiene capacidad en general para generar investigaciones sobre biodiversidad y cambio climático. Sin embargo, como se analizó en el apartado 5, es necesario orientar esta capacidad de tal forma que responda a las necesidades que en foros nacionales e internacionales se han ido perfilando. La Convención de Cambio Climático por ejemplo, al igual que la Convención sobre Diversidad Biológica y la de Desertificación, han desarrollado agendas de investigaciones básicas necesarias para tratar el tema tanto individualmente como en forma coordinada entre convenciones y sugiere a los países implementarlas según sus posibilidades.

La orientación de estas investigaciones debe darlo el ente rector, que para el país es el MINAET.

7. Propuesta de indicadores de vulnerabilidad y monitoreo del estado de la biodiversidad (ecosistemas y poblaciones).

Desde el 2005 el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) ha venido trabajando en un proceso denominado *Programa de Monitoreo Ecológico Terrestre de las Áreas Protegidas y los Corredores Biológicos de Costa Rica (PROMEC-CR)* (SINAC, 2007 c, d). Este es un esfuerzo de varias organizaciones como: The Nature Conservancy (TNC), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), la Universidad de Costa Rica (UCR) y la Universidad Nacional (UNA). Este programa tiene como meta “*Contribuir de manera decisiva a la conservación de la biodiversidad del país, a través de la generación y aplicación a la toma de decisiones sobre el manejo del territorio nacional, de información científica confiable sobre el estado de conservación de esa biodiversidad y sus tendencias*”.

La parte técnica de dicho programa ha estado a cargo del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), quien además está desarrollando en estos momentos una propuesta de adaptación del PROMEC-CR para que contemple el tema de cambio climático, en este sentido la propuesta aquí incluida debe ser revisada y validada.

Los indicadores que se aplicarán en la primera etapa son:

- Indicador 1.1 Área y grado de fragmentación actuales del hábitat natural correspondiente a cada unidad fitogeográfica¹³, total y representada dentro de las diferentes categorías de áreas protegidas, según las metas nacionales de conservación establecidas por GRUAS II
- Indicador 1.2 Área y grado de fragmentación de la cobertura boscosa y agroforestal de los principales corredores biológicos
- Indicador 1.3 Efectividad de manejo de las Áreas Protegidas estatales

De acuerdo con Finegan (2007) estos indicadores permitirán:

- combinados con el análisis de información meteorológica y otros factores claves como la distribución y la frecuencia de los incendios, determinar y entender la relación entre los cambios en los dos indicadores (indicadores 1.1 y 1.2) y la variación climática, sea directa – a través de la pérdida de cobertura de bosque por la mortalidad de árboles en períodos de precipitación baja, por ejemplo, o indirecta – pérdida de cobertura por incendios provocados durante sequías.
- determinar la conectividad de los paisajes fuera de las áreas protegidas a través de los cuales se dispersan animales y plantas para el ajuste de sus distribuciones al cambio climático (indicador 1.2)¹⁴
- determinar la efectividad del manejo de las áreas protegidas actuales en cuanto a la adaptación al cambio climático; para ello, el manual oficial para evaluar la efectividad del manejo de las áreas protegidas debe modificarse para incluir la toma de información respecto a las mencionadas acciones (indicador 1.3)

Además de los indicadores para la implementación inmediata, se plantean cinco indicadores adicionales pero que requieren de una inversión en investigación y desarrollo antes de su incorporación al PROMEC-CR. A estos indicadores se agregó uno adicional, específicamente enfocado en la caracterización de la vulnerabilidad de las unidades fitogeográficas ante el cambio climático. Estos seis indicadores son:

¹³ Las unidades fitogeográficas son los tipos de comunidad natural definidos por el proyecto GRUAS II para fines de identificar vacíos de conservación en el país. Son 33 unidades, 31 en el sector continental del país y dos en la Isla del Coco.

¹⁴ Las zonas prioritarias para estos movimientos de biota, y maneras más exactas de medir la conectividad, serán identificadas cuando están listas para la aplicación los indicadores 2.1 y 2.4.

- Indicador 2.1 Vulnerabilidad de las unidades fitogeográficas^{15 16} ante diferentes escenarios simulados de cambio climático
- Indicador 2.2 Índice de Lista Roja para aves residentes
- Indicador 2.3 Avance y efectividad de la gestión de los principales corredores biológicos
- Indicador 2.4 Grado de conectividad estructural de los principales corredores biológicos
- Indicador 2.5 Estructura, composición y tasas de recambio de los principales tipos de bosque
- Indicador 2.6 Área de hábitat apropiado para grupo de especies-paisaje

Este conjunto de indicadores, una vez listos para la aplicación, permitirá:

- Determinar la vulnerabilidad de las áreas protegidas actuales además de la priorización de áreas geográficas para el manejo y conservación, que sean diferentes a las actuales áreas protegidas y corredores biológicos (Indicador 2.1).
- Determinar la influencia del cambio climático en el grupo de organismos actualmente más apto para este fin, las aves, y probar y ajustar las predicciones del cambio derivados de modelos de computadora (indicador 2.2).
- Evaluar el avance hacia la provisión de condiciones aptas para la dispersión de biota hacia las áreas aptas para su supervivencia de acuerdo con los escenarios más probables de cambio (indicadores 2.3 y 2.4).
- Tener información del cambio a través de mediciones directas en bosques de procesos ecológicos que responden directamente y rápidamente a cambios climáticos, utilizando estudios que ya han sido implementados e inclusive bases de datos con información desde la década de los 80 (indicador 2.5).
- De la misma manera que para el indicador 2.1, determinar la vulnerabilidad ante diferentes escenarios de cambio climático de especies animales carismáticas, de importancia para la conservación y con una influencia marcada en los procesos ecológicos de los hábitat que utilizan (indicador 2.6).

El detalle de los indicadores se presenta a continuación:

¹⁵ Los tipos de comunidad natural delimitados por el proyecto GRUAS II y utilizados para el análisis de vacíos de conservación; son 33: 31 en Costa Rica continental y dos en la Isla del Coco (SINAC 2007a).

¹⁶ En estos momentos se está elaborando por parte del CATIE una revisión de este indicador en el sentido de utilizar las zonas de vida de Holdridge en lugar de las unidades fitogeográficas como base.

Indicadores para la aplicación inmediata

Indicador 1.1 Área y grado de fragmentación actuales del hábitat natural correspondiente a cada unidad fitogeográfica¹⁷, total y representada dentro de las diferentes categorías de áreas protegidas, según las metas nacionales de conservación establecidas por GRUAS II

Objetivo del indicador	Determinar el área remanente de hábitat natural en cada una de las unidades fitogeográficas del país, el área total y el área absoluta y porcentual que está representada en diferentes categorías de áreas protegidas, el grado de fragmentación del hábitat, y la tasa porcentual anual de cambio de estas métricas, y la relación del cambio encontrado con cambios en variables microclimáticas.
Tipo de indicador	Resultado
Número de verificadores	diez (10)
Metodología	Análisis de mapas digitales de cobertura derivados de imágenes de Landsat TM u otro sensor de resolución espectral y espacial parecidas; determinación de áreas y grados de fragmentación usando SIG y <i>software</i> de ecología de paisajes; análisis para determinar la relación directa o indirecta del cambio con variaciones microclimáticas.
Periodicidad de evaluación y año de línea base	Tres fechas durante la primera etapa: 1996, 2003-2006 y 2009; línea base 1996.
Observaciones	Las unidades fitogeográficas son las definidas por el proyecto GRUAS II, y deben de institucionalizarse como la Clasificación Nacional de Tipos de Vegetación Nacional (CNTVN); al igual que para los otros indicadores del PROMEC-CR que se evalúan a partir de imágenes de sensores remotos, el uso de este indicador requiere, adicionalmente, de la institucionalización de una Clasificación Nacional de Coberturas de la Tierra (CNCT) y la puesta a disposición de todos los grupos de interesados de una base de Datos Nacionales de Cobertura de la Tierra (DNCT) correspondiente.

¹⁷ En estos momentos se está elaborando por parte del CATIE una revisión de este indicador en el sentido de utilizar las zonas de vida de Holdridge en lugar de las unidades fitogeográficas como base.

Indicador 1.2 Área y grado de fragmentación de la cobertura boscosa y agroforestal de los principales corredores biológicos

Objetivo del indicador	Determinar el área y el grado de fragmentación de los ocho tipos de cobertura de la Clasificación Nacional de Coberturas de la Tierra (CNCT) (ver el indicador 1.1), su tasa porcentual anual de cambio, y la relación del cambio con variables microclimáticas.
Tipo de indicador	Resultado
Número de verificadores	Siete (7)
Metodología	Análisis de mapas digitales de cobertura derivados de imágenes de Landsat TM u otro sensor de resolución espectral y espacial parecidas; determinación de áreas y grados de fragmentación usando SIG y <i>software</i> de ecología de paisajes; análisis para determinar la relación directa o indirecta del cambio con variaciones microclimáticas.
Periodicidad de evaluación y año de línea base	Tres fechas durante la primera etapa: 1996, 2003-2006 y 2009; línea base 1996
Observaciones	Corredores biológicos principales según proyecto GRUAS II; al igual que para los otros indicadores del PROMEC-CR que se evalúan a partir de imágenes de sensores remotos, el uso de este indicador requiere, adicionalmente, de la institucionalización de una Clasificación Nacional de Coberturas de la Tierra (CNCT) y la puesta a disposición de todos los grupos de interesados de una base de Datos Nacionales de Cobertura de la Tierra (DNCT) correspondiente.

Indicador 1.3 Efectividad de manejo de las Áreas Protegidas estatales

Objetivo del indicador	Determinar la efectividad del manejo de las áreas protegidas estatales en sus dimensiones social, administrativo, de recursos naturales, político legal y económico financiero. Determinar la relación de la efectividad de manejo a los valores y las tendencias de los indicadores 1.1 y 1.2
Tipo de indicador	Insumo y proceso
Número de verificadores	37 (los “indicadores” de Mena y Artavia, distribuidos entre cinco ámbitos ligados a la efectividad de manejo)
Metodología	La metodología oficial del SINAC (Mena y Artavia s.f.)
Periodicidad de evaluación y año de línea base	Anualmente; línea base 2006
Observaciones	Esta metodología se publicó hace algunos años pero no ha sido adoptada y aplicada sistemáticamente dentro del SINAC; las medidas de efectividad de manejo son correlacionadas con el estado de conservación de la biodiversidad. Se deben establecer indicadores adicionales dentro de la metodología enfocados en la efectividad del manejo para la adaptación al cambio climático

Indicadores para desarrollo y prueba

Indicador 2.1 Vulnerabilidad de las unidades fitogeográficas¹⁸ ante diferentes escenarios de cambio climático

Objetivo del indicador	Determinar el grado de vulnerabilidad de las 33 unidades fitogeográficas delimitadas por el proyecto GRUAS II ante un rango de escenarios de cambio climático
Tipo de indicador	resultado
Número de verificadores	1 (uno)
Metodología	Modelaje de las distribuciones geográficas de las unidades fitogeográficas (UF) ante diferentes escenarios posibles de cambio climático y bajo diferentes supuestos respecto a la manera en que las distribuciones son afectadas por las variables macroclimáticas. Determinación de la vulnerabilidad de cada UF en relación a factores como a), la extensión de terreno apto para la UF bajo cada escenario (por ejemplo, es posible que una UF actualmente estratégica se encuentre vulnerable porque es poco el terreno que reúne las condiciones aptas para ella en un escenario de cambio) y b), la hostilidad del territorio a través del cual se debe realizar la dispersión de organismos para lograr el cambio de distribución geográfica (por ejemplo, es posible que dicho territorio sea agropecuario o urbano y que represente una barrera para el ajuste de la UF desde su distribución actual hacia su distribución nueva)
Periodicidad de evaluación y año de línea base	Cada tres (3) años; la línea base deberá ser determinada como parte del proceso de desarrollo y validación del indicador
Observaciones	Para completar la evaluación de este indicador se usará la información sobre conectividad generada por los indicadores 1.2, 2.2 y 2.3

¹⁸ En estos momentos se está elaborando por parte del CATIE una revisión de este indicador en el sentido de utilizar las zonas de vida de Holdridge en lugar de las unidades fitogeográficas como base.

Indicador 2.2 Índice de Lista Roja para aves residentes

Objetivo del indicador	Determinar el grado de amenaza de las especies de aves residentes del país y dependientes de hábitat naturales, su tasa de cambio, y la relación que tienen con cambios climáticos
Tipo de indicador	resultado
Número de verificadores	1 (uno)
Metodología	La de la UICN para: 1. la asignación de las especies a categorías de amenaza (UICN 2001, UICN 2003) y 2. para el cálculo del Índice de Lista Roja (Butchart <i>et al.</i> 2005). Se debe desarrollar un procedimiento para la identificación de especies probablemente afectadas por el cambio climático
Periodicidad de evaluación y año de línea base	Cada tres (3) años; la línea base deberá ser determinada como parte del proceso de desarrollo y validación del indicador
Observaciones	Se debe crear una comisión de especialistas nacionales y regionales para el desarrollo y la validación de este indicador y coordinar el proceso estrechamente con la UICN y demás organizaciones del Consorcio de las Listas Rojas que encabeza ese organismo

Indicador 2.3 Avance y efectividad de la gestión de los principales corredores biológicos

Objetivo del indicador	Determinar el avance y la efectividad de la gestión de principales corredores biológicos del país, en sus dimensiones social, administrativo, de recursos naturales, político legal y económico financiero. Determinar la relación de la efectividad de la gestión a los valores y las tendencias del indicador 2.3
Número de verificadores	Por determinarse
Tipo de indicador	Insumo y proceso
Metodología	La metodología actualmente en desarrollo (Canet en preparación)
Periodicidad de evaluación y año de línea base	Anualmente; línea base 2007
Observaciones	Esta metodología está siendo desarrollada actualmente por CATIE en colaboración con TNC y SINAC; se espera que las medidas de avance y efectividad de la gestión sean correlacionadas con el grado de conectividad estructural de los corredores biológicos. Al igual que en el caso de la evaluación de la efectividad del manejo de las áreas protegidas (Indicador 1.3), habrá que desarrollar procedimientos específicos para la evaluación de la gestión en relación a la adaptación al cambio climático

Indicador 2.4 Grado de conectividad estructural de los principales corredores biológicos

Objetivo del indicador	Determinar el grado de conectividad estructural a través de hábitat boscosos y agroforestales, de los principales corredores biológicos con base en conexiones entre áreas protegidas actuales (según los objetivos respectivos de cada corredor) y por rutas de ajuste de distribuciones de unidades fitogeográficas; y su tasa porcentual anual de cambio
Tipo de indicador	Resultado
Número de verificadores	Por determinarse
Metodología	Análisis de mapas digitales de cobertura derivados de imágenes de Landsat TM u otro sensor de resolución espectral y espacial parecidas; determinación de áreas y grados de fragmentación usando SIG y <i>software</i> de ecología de paisajes
Periodicidad de evaluación y año de línea base	Tres fechas durante la primera etapa: 1996, 2003-2006 y 2009; línea base 1996
Observaciones	Corredores biológicos principales según proyecto GRUAS II modificado para tomar en cuenta el cambio climático con base en la evaluación del indicador 2.1; al igual que para los otros indicadores del PROMEC-CR que se evalúan a partir de imágenes de sensores remotos, el uso de este indicador requiere, adicionalmente, de la institucionalización de una Clasificación Nacional de Coberturas de la Tierra (CNCT) y la puesta a disposición de todos los grupos de interesados de una base de Datos Nacionales de Cobertura de la Tierra (DNCT) correspondiente

Indicador 2.5 Estructura, composición y tasas de recambio de los principales tipos de bosque

Objetivo del indicador	Determinar el tipo y el grado de cambio en métricas básicas de estructura (horizontal y vertical, incluyendo estimaciones de biomasa y carbono), composición (las especies presentes, sus estructuras poblaciones e importancias relativas), diversidad (riqueza e índices ampliamente utilizados de diversidad) y de dinámica (tasas de reclutamiento, crecimiento y mortalidad)
Tipo de indicador	Resultado
Metodología	Mediciones estándar en parcelas permanentes de muestreo (PPM); correlación de valores de verificadores como las tasas promedio anual de crecimiento y de mortalidad de árboles con variables macroclimáticas del sitio como la temperatura promedio anual y la precipitación durante meses secos
Periodicidad de evaluación y año de línea base	5 años; línea base por determinarse
Observaciones	Ya existe una gran cantidad de PPM en el país y se está intentado organizar una red nacional; estas PPM existentes serán la base de la evaluación de este indicador. El SINAC u otra organización designada debe construir una alianza, financiado por el PROMEC-CR, que una vez constituida definirá las metodologías de toma, almacenamiento y análisis de datos

Indicador 2.6 Área de hábitat apropiado para grupo de especies-paisaje

Objetivo del indicador	Determinar bajo a) el régimen climático actual y b) diferentes escenarios de cambio climático: el área de hábitat apropiado para un grupo de especies-paisaje, el área total y el área absoluta y porcentual que está representada en diferentes categorías de áreas protegidas, el grado de fragmentación del hábitat apropiado, y la tasa porcentual anual de cambio de estas métricas; determinar el grado de vulnerabilidad de las especies-paisaje ante los diferentes escenarios de cambio climático
Tipo de indicador	Resultado
Número de verificadores	Por determinarse
Metodología	Modelaje cuantitativo de hábitat apropiado; análisis de área y grado de fragmentación del hábitat apropiado en combinación con mapas digitales derivados de imágenes de Landsat TM u otro sensor de resolución espectral y espacial parecidas, y software de SIG (ver el indicador 1.1); escenarios de cambio climático será compartidos con los del indicador 2.1
Periodicidad de evaluación y año de línea base	Tres fechas durante la primera etapa: 1996, 2003-2006 y 2009; línea base 1996
Observaciones	Como primer paso se debe seleccionar el grupo de especies-paisaje, empleando la metodología de la WSC, preferiblemente en estrecha colaboración con esa ONG

8. Barreras, limitaciones y oportunidades¹⁹

Costa Rica ha generado, desde los años 90, importante información relacionada con biodiversidad y cambio climático, producida por investigadores e instituciones nacionales e internacionales. No obstante, esta investigación no está coordinada entre sí, ni responde a una política nacional en el tema.

Como se señaló en los capítulos anteriores, el país cuenta con varios programas y proyectos de investigación establecidos en la Universidad de Costa Rica, CATIE, MINAET, OET, CCT, IMN, UNA, INBio, FONAFIFO, MAG, UICN, EPA y Oficina Nacional Forestal. Estos programas tienen diferentes áreas de trabajo, que incluye el desarrollo de biomateriales energéticos, servicios ambientales, estudio de la vulnerabilidad y adaptación del bosque ante el cambio climático y reforestación (44 estudios). Por otro lado, ha contado con el apoyo de investigadores de cerca de 36 universidades y centros de investigación internacionales (61 estudios contabilizados).

Asimismo, como se ha mencionado en las secciones anteriores, Costa Rica tiene, en general, capacidad técnica de alto nivel y con experiencia para generar y analizar investigaciones sobre biodiversidad y cambio climático. Dispone de escenarios climáticos al 2010, 2030 y 2100; estudios de vulnerabilidad e impactos (aunque hay dificultad para disponer de datos históricos para realizar estos estudios); información actualizada sobre el potencial de mitigación del sector forestal; causas de emisiones; e inventarios, entre muchos otros. No obstante, se considera necesario revisar, orientar e integrar esta capacidad, de tal forma que responda a las necesidades que en foros nacionales e internacionales, se han ido perfilando.

Por otro lado, en cuanto al marco legal y político que sustenta los temas cambio climático-biodiversidad, se ha mencionado que existe una amplia legislación vinculada, pero esta requiere ser ordenada e integrada para facilitar la aplicación de los diversos temas que aborda la Convención de Cambio Climático. Se requiere que estos temas sean introducidos formalmente en los planes nacionales de desarrollo y en las prioridades nacionales (Ulate & Villegas, 2007).

Como se ha señalado, independiente de si existen o no políticas integradoras y en ejecución, lo importante es que ya existen esfuerzos importantes actuales y otros desarrollados desde los años 90, como son: la formación de la OCIC, inventarios de emisiones, el mecanismo de pago por servicios ambientales y de venta de certificados de carbono, etc.).

Para hacer más efectivo el papel del ente rector, se requiere revisar, ordenar e integrar el marco legal existente de manera que facilite aplicar los diversos temas que aborda la CMCC, para evitar la duplicación de funciones, dispersión y confusión en las competencias. Se requiere también que la información generada sea adecuadamente procesada, para que logre el propósito de educar a diferentes sectores de la sociedad y procurar cambios de actitud y prácticas que atentan contra los esfuerzos de contrarrestar el cambio climático (Ulate & Villegas, 2007).

8.1. Barreras y limitaciones

En el cuadro 14 se presentan las barreras identificadas para la implementación de las Convenciones de Cambio Climático y sobre Diversidad Biológica en Costa Rica según Ulate y Villegas (2007)

¹⁹ En capacidad y los vacíos para la investigación y el desarrollo de acciones.

Cuadro 13. Barreras identificadas para la implementación de las Convenciones de Cambio Climático y sobre Diversidad Biológica en Costa Rica (tomado de Ulate y Villegas, 2007).

Cambio climático	Diversidad Biológica
Área Jurídica	
<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de ordenar e integrar marco legal existente para facilitar aplicación en temas de la CMCC. - Dispersión y confusión en las competencias para atender las obligaciones asumidas con la CMCC. - Necesidad de política nacional para regular el acceso al MDL. - Se requiere revisión de la normativa nacional que identifique y solvante las dificultades para la aplicación del marco legal existente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existe amplia legislación vinculada a algunos temas y esto ocasiona confusión e inseguridad para la aplicación. - Se requiere ordenar el marco legal existente²⁰.
Área Política	
<ul style="list-style-type: none"> - Se necesita pasar de pioneros a líderes y aprovechar las ventanas de oportunidad a nivel global en el mercado de carbono. - Se requiere que los asuntos relacionados con el cambio climático, sean introducidos formalmente en los planes nacionales de desarrollo y en las prioridades nacionales. - Se necesita mejorar el enfoque de comercialización del carbono (Protocolo de Kyoto). Pasar de objetivos que se asocian con la cooperación a los de mercado y negocio. - La rectoría en los temas de la CMCC no ha sido claramente asumida e incorporada en la planificación nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> - La ausencia de rectoría política clara ocasiona esfuerzos desarticulados y una agenda interinstitucional e intersectorial débil y puntual. - Ausencia de metas nacionales de conservación con indicadores y sistemas claros para el monitoreo del estado del recurso. - Los esfuerzos del país en conservación y uso sostenible se desarrollan en general bajo el marco del Convenio sobre Diversidad Biológica, pero no necesariamente en forma conciente e integral, especialmente en lo que se refiere a establecer los vínculos en sus planes de trabajo. - Esfuerzos como la Estrategia Nacional de Biodiversidad y la Estrategia Nacional Ambiental no están planteadas que puedan ser cuantificables ni se desarrollan indicadores para medir la efectividad de su ejecución. - Los procedimientos para la participación del país en la agenda ambiental internacional no están claros. - La aplicación de la organización administrativa para la implementación del Convenio sobre Diversidad Biológica, no es coherente con lo establecido en la Ley de Biodiversidad.
Área Institucional	
<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de un mecanismo para la integración efectiva de las diferentes dependencias del MINAET que atienden asuntos relacionados con la ejecución de las obligaciones de la CMCC. 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe una integración efectiva de las diferentes dependencias del MINAET para atender la gestión de la biodiversidad. - Persiste dispersión de esfuerzos (técnicos, económicos), entre las instituciones del

²⁰ Informe de Costa Rica en Río + 5.

Cambio climático	Diversidad Biológica
<ul style="list-style-type: none"> - Se necesita ampliar los espacios para la planificación, coordinación y generación de información entre las instituciones del Estado y, de éstas con otros sectores de la sociedad. - Las gestiones para atender el cambio climático debería ser asumida como un tema transversal en todo el Gobierno. - El país requiere con urgencia concretar las exigencias que le demanda la legislación creada para atender la CMCC. (clarificar roles y mecanismos con diversos sectores). - El seguimiento de la Convención no se ha coordinado en forma permanente ni sistematizada con los puntos focales de otras Convenciones y otras instancias competentes. 	<p>Estado vinculadas con la gestión de la biodiversidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los espacios para la planificación y coordinación de las instituciones del Estado con otros sectores de la sociedad a pesar de su existencia formal, son ocasionales. - Inexistencia de un sistema para conocer y valorar el impacto de las gestiones realizadas con el plan de acción de la Estrategia Nacional de Biodiversidad durante el período 2000-2005.
Área Financiera	
<ul style="list-style-type: none"> - Los indicadores económicos del país no reflejan beneficios que las inversiones en materia de cambio climático aportan al desarrollo nacional y a la reducción de la pobreza. - El país requiere de un Programa Nacional sobre Cambio Climático que le permita acceder a las oportunidades de mercado que genere el MDL, al Fondo de Adaptación. - Se debe revisar la asignación de recursos humanos, tiempo y económicos que el Estado contempla para que sus Puntos Focales desarrollen adecuadamente sus funciones. - Se necesita de una herramienta que facilite conocer dónde están siendo colocados recursos de la cooperación para el cumplimiento de las obligaciones con la CMCC. - La gestión del cambio climático depende prácticamente de fondos provenientes del exterior. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se ha visibilizado el aporte que el SINAC hace a la economía nacional y a la reducción de la pobreza. - Los indicadores económicos del país no reflejan ni el capital ni los beneficios que la biodiversidad aporta al desarrollo nacional. - Se ha tenido dificultad para atender el pago de las cuotas de membresía a la Convención. - El país requiere de un mecanismo para la administración, control y seguimiento de los recursos económicos provenientes de la cooperación que coadyuven al cumplimiento de sus obligaciones con el Convenio sobre Diversidad Biológica. - El Punto Focal cuenta con recursos limitados para dar seguimiento a la implementación de la Convención (divulgación, consultas, representatividad en las reuniones y otras actividades del Convenio sobre Diversidad Biológica CDB). - El país no dispone de una herramienta que facilite conocer dónde están siendo colocados los recursos de la cooperación para que el país avance en el cumplimiento de sus obligaciones con el Convenio sobre Diversidad Biológica CDB.
Área Operativa	
<ul style="list-style-type: none"> - Las inversiones en investigación no siempre responden a generar el conocimiento que el país requiere para la toma de decisiones. - El país no cuenta con un programa articulado de actividades para la información, capacitación y sensibilización de la sociedad sobre el cambio climático. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inexistencia de un sistema de indicadores en materia de biodiversidad en el país. - Inversiones en investigación no siempre responden a generar el conocimiento que el país requiere para la toma de decisiones. - El país no cuenta con un sitio (ni físico ni virtual) donde pueda accederse a registros sobre su participación y gestiones por la

Cambio climático	Diversidad Biológica
<ul style="list-style-type: none"> - El país no cuenta con un sitio (ni físico ni virtual) donde pueda accederse a registros sobre su participación y gestiones por la implementación de la CMCC. - Existe dificultad para disponer de datos históricos para realizar estudios sobre vulnerabilidad al cambio climático. - La información generada requiere un manejo para que logre el propósito de educar diferentes sectores de la sociedad y procurar cambios de actitud y prácticas que atentan contra el objetivo de la CMCC. 	<p>implementación de la CDB²¹</p> <ul style="list-style-type: none"> - No se dispone de registros que faciliten el seguimiento a la participación del país en las Conferencias de las Partes (COP). - La información generada en el país en esta materia requiere mayores esfuerzos de difusión hacia todos los sectores de la sociedad. - El conocimiento generado no siempre responde a las prioridades de investigación que requiere el país para atender las obligaciones de la CDB y sus resultados están dispersos. - La información generada requiere un manejo para que logre el propósito de educar diferentes sectores de la sociedad y procurar cambios de actitud y prácticas que atentan contra el objetivo de la CDB.

Como se aprecia en el cuadro anterior, muchas de las barreras identificadas en ambas convenciones son de integración, coordinación, priorización, elementos fundamentales a resolver si se pretende relacionar cambio climático con biodiversidad.

8.2. Oportunidades:

- Costa Rica mantiene una imagen país en el tema del Desarrollo Sostenible (DS) asociado a la conservación de recursos naturales, el Programa de Pago por Servicios Ambientales, la Iniciativa Paz con la Naturaleza, la generación de electricidad con fuentes renovables que le da reconocimiento en los foros internacionales de negociación sobre esta temática.
- Costa Rica ha logrado avances en materia de cambio climático que se ven favorecidos por la estabilidad democrática, la visión política y estratégica de líderes públicos y empresariales.
- Dispone de una Estrategia Nacional de Cambio Climático, mediante el cual el país está asumiendo el compromiso de ser “Carbono neutral” para el año 2021. La estrategia se enfoca a la aplicación de medidas orientadas a la mitigación y adaptación al cambio climático. El compromiso nacional e internacional, representa una oportunidad que se espera sea plasmada en el Programa Nacional de Cambio Climático que señala el Plan Nacional de Desarrollo de Costa Rica.
- El interés manifiesto por el sector privado de acogerse a la propuesta de “carbono neutral” que desde el punto de vista económico y empresarial, se puede transformar en una estrategia competitiva guiada por el consumidor, la cual se basa en las futuras preferencias y percepciones de los consumidores, fundamentada en la evolución de las preocupaciones crecientes sobre el calentamiento global ante el cambio climático y sus consecuencias.
- Este interés también se está manifestando en las instituciones del sector público como las del sistema bancario nacional, Instituto Costarricense de Turismo (dispone de su propia estrategia cambio climático-turismo).
- La existencia de proyectos de cooperación financiera que apoyarán el sistema nacional de áreas protegidas en temas relacionados con el mejoramiento de la gestión y manejo de ecoturismo en áreas protegidas (proyecto Barreras PNUD/GEF y proyecto de turismo sostenible en áreas protegidas del BID).
- El Programa Nacional de Pago de Servicios Ambientales (PSA) a cargo del FONAFIFO que dentro de sus políticas vincula medidas de mitigación y adaptación al cambio climático y

²¹ Se mencionó en el taller del 27/6 que SINAC está desarrollando una web para apoyar la divulgación sobre los asuntos relacionados con la CDB.

consecuentemente apoya medidas para la conservación de la biodiversidad. Actualmente, las prioridades de PSA responde a las necesidades de protección de biodiversidad (vacíos de conservación de GRUAS II), con lo cual es una oportunidad para realizar investigaciones y estudios para determinar vínculo cambio climático y biodiversidad.

- El Programa Nacional de Corredores Biológicos que ejecuta el SINAC a nivel nacional que incorpora cerca del 24% del territorio nacional representa una estrategia para restablecer y mantener la conectividad como áreas funcionales a través del paisaje. Esta estrategia es fundamental para apoyar futuras medidas o acciones de biodiversidad y su adaptación al cambio climático, con lo cual se transforma en una gran oportunidad para la investigación y el monitoreo entre cambio climático-biodiversidad.
- El contar con un sistema nacional de áreas protegidas que representa más del 25% del territorio nacional representa una oportunidad para analizar los vínculos entre cambio climático y biodiversidad, particularmente para analizar las funciones y servicios de los ecosistemas en relación con el cambio climático. Por ejemplo que va a representar una disminución de las precipitaciones en la región del PN Braulio Carrillo con la capacidad de los acuíferos que suministran un alto porcentaje del agua que consume la población en el valle central de Costa Rica.

9. Programas de investigación, proyectos, estudios, publicaciones, bases de datos y páginas en Internet relacionadas con Biodiversidad y Cambio Climático en Costa Rica²²

9.1. Programas de investigación, proyectos y estudios

En el plano jurídico e institucional se cuenta con una plataforma a nivel internacional, regional y nacional, en la que se parte aproximadamente de los últimos veinte años hasta la fecha, donde un conjunto de organizaciones, convenciones y protocolos internacionales han desarrollado un activo accionar dirigido a llamar la atención sobre la urgente necesidad de iniciar y agilizar un trabajo compartido orientado hacia la preparación de los países para la adaptación y mitigación al cambio climático.

La Convención de Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto instan a los países a desarrollar actividades, proyectos y acciones en general que reduzcan sus emisiones, reunir información pertinente, elaborar estrategias de adaptación y cooperar en la investigación y en la tecnología que apunta a enfrentar a corto, mediano y largo plazo el cambio climático. Se considera prudente que cada país adopte una cartera de medidas para el control de las emisiones, para adaptarse a sus efectos y estimular la investigación científica, tecnológica y socioeconómica (Ulate & Villegas, 2007).

El cambio climático forma parte de las preocupaciones de más alto nivel político en el país. Estas se visualizan en instrumentos de gestión como son el Plan Nacional de Desarrollo, la Iniciativa Presidencial Paz con la Naturaleza, el Acuerdo del Consejo de Gobierno del 1º de agosto del 2007 y algunas directrices específicas que buscan operativizar acciones orientadas a enfrentar el cambio climático.

Costa Rica ha generado variada información específica relacionada con biodiversidad y cambio climático aproximadamente desde los años 90, producida por investigadores e instituciones nacionales e internacionales. Sin embargo, esta investigación no está coordinada entre sí, ni responde conscientemente a una política nacional en el tema, que de todas formas no existe como tal, a pesar de que el convenio marco firmado y ratificado desde 1994, representa un marco de acción nacional en el tema.

Independiente de si existen o no políticas integradoras y en ejecución, lo cierto es que ya existen esfuerzos importantes actuales y otros desarrollados desde los años 90 (la formación de la OCIC, inventarios de emisiones, el mecanismo de pago por servicios ambientales y de venta de certificados de carbono, etc.) que generan información y algún marco de acción para el tema en el país. En este sentido el papel y aporte en el tema del Instituto Meteorológico ha sido de suma importancia (inventarios de emisiones, comunicaciones nacionales, estudios de vulnerabilidad y otros proyectos), todo disponible en la página WEB del Instituto (<http://www.imn.ac.cr>).

Existen en este momento varios programas de investigación establecidos en la Universidad de Costa Rica, CATIE, MINAET, EPA y Oficina Nacional Forestal, como se puede apreciar en los cuadros 14, 15 y 16.

Estos programas tienen diferentes áreas de trabajo, que incluye el desarrollo de biomateriales energéticos, servicios ambientales, estudio de la vulnerabilidad y adaptación del bosque ante el cambio climático y reforestación (Cuadro 15).

²² Referidos a vulnerabilidad, medidas de adaptación, proyectos de mitigación y relaciones con el índice de desarrollo humano.

En cuanto a generación de conocimiento por nacionales y residentes, la recopilación suma 44 estudios de muy diversas fuentes, entre ellas principalmente ONG's y universidades públicas (Cuadro 16). El área de investigación ha sido principalmente en bosque (45%), le sigue agricultura (18%) y el resto es variado entre estudios en pastos, reforestación, animales (anfibios, reptiles, murciélagos, aves e insectos-mariposas) costas y arrecifes.

Los estudios realizados en el país por investigadores internacionales en el tema llegan a 61. De estos estudios el 62% se refiere a bosques como área de investigación y el 23% estudia anfibios y cambio climático (Cuadro 17). Las instituciones de donde provienen los investigadores son principalmente estadounidenses.

Cuadro 14. Programas de investigación en el país en materia de cambio climático y biodiversidad.

Institución	Nombre del programa	Personas contacto	Área de trabajo
CATIE	Programa de cambio global	Bruno Locatelli	Servicios ambientales Vulnerabilidad del bosque ante el cambio climático Bosques y adaptación
Instituto Meteorológico Nacional	Departamento de Desarrollo	Roberto Villalobos / rvilla@imn.ac.cr / http://cglobal.imn.ac.cr/	Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) Estudios de Vulnerabilidad en áreas como Bosques, Agricultura, Recurso hídrico y Zonas costeras.
MINAET, EPA, Oficina Nacional Forestal	A que sembrás un árbol	Alfonso Barrantes	Reforestación
Universidad de Costa Rica	Programa institucional de fuentes alternativas de energía	Julio Mata Segrega julio.mata@cariari.ucr.ac.cr	Biomateriales energéticos

Cuadro 15. Proyectos y estudios desarrollados por nacionales y residentes en materia de biodiversidad y cambio climático.

Institución	Proyecto/estudio	Persona contacto	Área de investigación
	Belowground carbon allocation in forests estimated for litterfall and IRGA-based soil respiration measurements	Davidson, E.A. edavidson@whrc.org Savage, K. Bolstad, P. Clark, D.A. daclark@sloth.ots.ac.cr Curtis, P.S. Ellsworth, D.S. Hanson, P.J. Law, B.E. Luo, Y. Pregitzer, K.S. Randolph, J.C. Zak, D.R.	Bosque
CATIE	Comportamiento de las variables meteorológicas (velocidad del viento y temperatura del aire) en el sistema <i>Coffea arabica</i> – <i>Erythrina poeppigiana</i>	Rodríguez-Rubí, J.A.	Agricultura
Centro Científico Tropical	Potential impact of climatic change on the productive capacity of Costa Rican forests: a case study	Tosi-Olin, J.A. Jr. jtosi@cct.or.cr Watson-Céspedes, V. vwatson@cct.or.cr Echeverría Bonilla, J. economia@cct.or.cr	Bosque
Centro Científico Tropical	Increasing day-to-day precipitation variability and its biological impacts at Monteverde	Masters, Karen L. klmasters@mac.com ; Pounds, J. Alan goldtoad@sol.racsa.co.cr ;	Bosque
Centro Científico Tropical	Climate change and the hummingbirds of the Monteverde Cloud Forest, Costa Rica.	Elizabeth Deliso	
Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica	Adaptación de diferentes variedades industriales de papa bajo condiciones agroclimáticas de Costa Rica	Saborío Pozuelo, Francisco Brenes Angulo, José A. Gómez Alpízar, Luis E.	Agricultura

Institución	Proyecto/estudio	Persona contacto	Área de investigación
Centro Internacional de Política Económica, Universidad Nacional	Estrategias de adaptación y reducción de riesgos ante impactos económicos climáticos: lecciones de la crisis del café en mesoamérica, el caso de Costa Rica	Díaz Porras, Rafael A. Acuña Ortega, Marvin A.	Agricultura
CIFOR, CATIE	Almacenamiento de carbono y conservación de biodiversidad por medio de actividades forestales en el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central, Costa Rica		Bosque
CIMAR, UCR	Coral bleaching and mortality associated with the 1997-98 El Niño in an upwelling environment in the Eastern Pacific (Gulf of Papagayo, Costa Rica)	Jiménez-Centeno, C.E. carlos.jimenez@zmt.uni-bremen.de , cjimenez@cariari.ucr.ac.cr Cortés-Núñez, J. jcortes@biologia.ucr.ac.cr León-Campos, A. aleon@racsa.co.cr Ruiz-Campos, E. ruizc@cariari.ucr.ac.cr	Arrecifes
Comité Regional de Recursos Hidráulicos y Universidad de Costa Rica	Impacts and adaptation to climate change and extreme events in Central America	Campos, Max maxcampos@aguayclima.com ; Fernández, Walter Amador, Jorge jamador@cariari.ucr.ac.cr	Agricultura
Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, CATIE	El Bosque Tropical y su adaptación al cambio climático	Pedroni, L lpedroni@catie.ac.cr ;	Bosque
	An ultrasonically silent night: the tropical dry forest without bats / Biodiversity conservation in Costa Rica: learning the lessons in a seasonal dry forest	Laval, R.K. rlaval@racsa.co.cr	Murciélagos
	Impact of global warming and locally changing climate on tropical cloud forest bats /Journal of Mammalogy	Laval, R.K. rlaval@racsa.co.cr	Murciélagos
Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica	Diagnóstico de los efectos del cambio climático en la zona costera del Pacífico Central de Costa Rica	Aguilar Álvarez, Ana T. Obando Acuña, Luis G. Cárdenas Sandí, Guaria Oreamuno Vega, Rafael	Costas

Institución	Proyecto/estudio	Persona contacto	Área de investigación
Estación Experimental Los Diamantes, Programa de Investigación para la Agricultura Sostenible (REPOSA)	Estimation of methane (CH ₄) emission in the livestock from Costa Rica, 1990 and 1996	Abarca-Monge, A. Montenegro-Ballester, J. jmonte@guayabo.sa.ucr.ac.cr	Bosque
Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO)	Fijación de carbono en plantaciones de melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.) teca (<i>Tectona grandis</i> L.f.) y pochote (<i>Bombacopsis quinata</i> Jacq.) en los cantones de Hojancha y Nicoya	Cubero-Moya, J.A. jcubero@fonafifo.com Rojas-Piedra, S.R.	Reforestación
Harvard University. Harvard Institute for International Development	What role for tropical forests in climate change mitigation? The case of Costa Rica	Boscolo, M.; Kerr, S. suzi.kerr@motu.org.nz Pfaff, A.S.P. ap196@columbia.edu Sánchez-Azofeifa, G.A. Arturo.sanchez@ualberta.ca	Bosque
Instituto Nacional de Biodiversidad	Medición de la diversidad biológica de las mariposas diurnas frugívoras en bosques nublados de Costa Rica (PN Tapantí, San Ramón y Osa)	Montero, José. jmontero@inbio.ac.cr	Insectos
Instituto Meteorológico Nacional	Posibles efectos de un calentamiento global en el cultivo de arroz de secano en el Pacífico Norte de Costa Rica	Villalobos-Flores, R. Retana-Barrantes, J.A.	Agricultura
Ministerio de Agricultura y Ganadería	Emisión de gases con efecto invernadero y fijación de carbono en el sistema de producción de café (<i>Coffea arabica</i>) en Costa Rica	Montenegro-Ballester, J. jmonte@guayabo.sa.ucr.ac.cr Abarca-Monge, S.	Agricultura
Ministerio de Agricultura y Ganadería	Los sistemas silvopastoriles y el calentamiento global: un balance de emisiones	Montenegro-Ballester, J. jmonte@guayabo.sa.ucr.ac.cr Abarca-Monge, S.	Pastos
Ministerio de Agricultura y Ganadería	Emisión de gases con efecto invernadero y fijación de carbono en el sistema de producción de café (<i>Coffea arabica</i>) en Costa Rica	Montenegro-Ballester, J. jmonte@guayabo.sa.ucr.ac.cr ; Abarca-Monge, S.	Agricultura
Ministerio de Agricultura y Ganadería	Balance of emissions with greenhouse effect in silvopastoral systems in three life zones of Costa Rica	Montenegro-Ballester, J. jmonte@guayabo.sa.ucr.ac.cr ; Abarca-Monge, S. Ibrahim, M.A. (comp)	Pastos

Institución	Proyecto/estudio	Persona contacto	Área de investigación
Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones	Valuing the environmental service of permanent forest stands to the global climate: The case of Costa Rica	Castro-Salazar, R.	Bosque
Monteverde Cloud Forest Reserve	Responses of natural communities to climate change in a highland tropical forest	Pounds, J.A. goldtoad@racsa.co.cr Fogden, M.P.L.; Masters, K.L. amasters@racsa.co.cr	Bosque
Monteverde Cloud Forest Reserve	Global warming and amphibian losses	Pounds, J.A. goldtoad@racsa.co.cr	Anfibios
Monteverde Cloud Forest Reserve	Golden toads, null models, and climate change	Pounds, J.A. goldtoad@racsa.co.cr	Aves – Anfibios
Organización para Estudios Tropicales	Climate-induced annual variation in canopy tree growth in a Costa Rican tropical rain forest	Clark, D.A. daclark@sloth.ots.ac.cr Clark, D.B. dbclark@sloth.ots.ac.cr	Bosque
Organización para Estudios Tropicales	Are tropical forests an important carbon sink? Reanalysis of the long-term plot data	Clark, D.A. daclark@sloth.ots.ac.cr	Bosque
Organización para Estudios Tropicales	Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984-2000	Clark, D.A. daclark@sloth.ots.ac.cr Piper, S.A. Keeling, C.D. Clark, D.B. dbclark@sloth.ots.ac.cr	Bosque
Organización para Estudios Tropicales	Annual variation in tree growth in a tropical wet forest: impact of climate variability	Clark, D.A. daclark@sloth.ots.ac.cr Clark, D.B. dbclark@sloth.ots.ac.cr	Bosque
Organización para Estudios Tropicales	Sources or sinks? The responses of tropical forests to current and future climate and atmospheric composition	Clark, D.A. daclark@sloth.ots.ac.cr	Bosque
Organización para Estudios Tropicales	Responses of tropical forests to global warming and increased drought: the evidence to date and critical research needs	Clark, D.A. daclark@sloth.ots.ac.cr	Bosque
Organización para Estudios Tropicales	Tropical forests and global warming: slowing it down or speeding it up?	Clark, D.A. daclark@sloth.ots.ac.cr	Bosque
Organización para Estudios Tropicales	Detecting tropical forests' responses to global climatic and atmospheric change: current challenges and a way forward	Clark, D.A. daclark@sloth.ots.ac.cr	Bosque

Institución	Proyecto/estudio	Persona contacto	Área de investigación
Smithsonian Tropical Research Institute	Changes in reef community structure after fifteen years of natural disturbances in the Eastern Pacific (Costa Rica)	Guzmán-Espinal, H.M. guzmán@naos.si.edu Cortés-Núñez, J. jcortes@biologia.ucr.ac.cr	Arrecifes
Texas Tech University	Implicaciones económicas del secuestro del CO2 en bosques naturales	Ramírez, O.A. octavio.ramirez@ttu.edu Rodríguez-Sánchez, L. Finegan, B. bfinegan@catie.ac.cr Gómez-Flores, M. mgomez@catie.ac.cr	Bosque
Texas Tech University	Estimación y valoración económica del almacenamiento de carbono	Ramírez, O.A. octavio.ramirez@ttu.edu Gómez-Flores, M. mgomez@catie.ac.cr	Bosque
Texas Tech University	Economic value of the carbon sink services of Costa Rica's forestry plantations	Ramírez, O.A. octavio.ramirez@ttu.edu Gómez-Flores, M. mgomez@catie.ac.cr	Reforestación
UICN	El cambio climático y los humedales en Centroamérica: implicaciones de la variación climática para los ecosistemas acuáticos y su manejo en la región	Rojas, Manrique Campos, Max Alpizar, Edwin Bravo, Juan Córdoba, Rocío	Humedales
Universidad de Costa Rica	Fijación de carbono y diversidad biológica en el agroecosistema cafetero	Fournier-Oraggi, L.A.	Agricultura
Universidad Nacional	Efecto del clima en la proporción de sexos del caimán (<i>Caiman crocodilus</i> , Reptilia: Alligatoridae)	Escobedo Galván, Armando H.	Reptiles
University of Alberta	Deforestation, carbon dynamics, and sustainable mitigation measures in Costa Rica –The Puerto Viejo de Sarapiquí case study	Sánchez-Azofeifa, G.A. arturo.sanchez@ualberta.ca Quesada-Mateo, C.A. cquesada@cariari.ucr.ac.cr	Bosque
University of Massachusetts	Impact of global changes on the reproductive biology of trees in tropical dry forests	Bawa, K.S. kamal.bawa@umb.edu	Bosque
University of Virginia	Variation in leaf litter nutrients of a Costa Rican rain forest is related to precipitation	Wood, T.E. tana@virginia.edu Lawrence, D.A. Clark, D.A. daclark@sloth.ots.ac.cr	Bosque

Cuadro 16. Proyectos y estudios desarrollados en el país por investigadores internacionales en materia de biodiversidad y cambio climático.

Institución/Fuente	Proyecto/estudio	Persona contacto	Área de investigación
	Fijación de carbono por pastos tropicales en las sabanas de suelos ácidos neotropicales / Intensificación de la ganadería en Centroamérica: beneficios económicos y ambientales	Fisher, M.J. Trujillo, W.	Pastos
	Fijación de carbono , emisión de metano y de óxido nitroso en sistemas de producción bovina en Costa Rica / En: Intensificación de la ganadería en Centroamérica: beneficios económicos y ambientales	Montenegro-Ballesterro, J. jmonte@guayabo.sa.ucr.ac.cr Abarca-Monge, S.	Pastos
Agricultural University Wageningen	Effects of land use on regional nitrous oxide emissions in the humid tropics of Costa Rica: Extrapolating fluxes from field to regional scales	Plant, R.A.J. rplant@gissrv.iend.wau.nl	Bosque
Agricultural University Wageningen	Modeling nitrous oxide emission from a Costa Rican banana plantation	Plant, R.A.J. rplant@gissrv.iend.wau.nl Veldkamp, E. evelcka@gwdg.de Li, C.S.	Agricultura
Agricultural University Wageningen	Modeling nitrogen oxide emissions from current and alternative pastures in Costa Rica	Plant, R.A.J. rplant@gissrv.iend.wau.nl Bouman, B.A.M. b.bouman@cgiar.org	Pastos
Agricultural University Wageningen	Modeling nitrogen oxide emissions from current and alternative pastures in Costa Rica	Plant, R.A.J. rplant@gissrv.iend.wau.nl Bouman, B.A.M. b.bouman@cgiar.org	Pastos

Institución/Fuente	Proyecto/estudio	Persona contacto	Area de investigación
Agroforestería de las Américas (ISSN 0304-2529)	Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica	López-Musalem, A. Schlönvoigt, A.M. andrea_schlönvoigt@yahoo.de Ibrahim, M.A. mibrahim@catie.ac.cr Kleinn, C. ckleinn@gwdg.de Kanninen, M. m.kanninen@cgiar.org	Pastos
Biotropica (ISSN 0006-3606)	Arboreal ant species richness in primary forest, secondary forest, and pasture habitat of a tropical montane landscape	Schonberg, L.A. drummer@riseup.net Longino, J.T. longinoj@evergreen.edu Nadkarni, N.M. nadkarnn@evergreen.edu Yanoviak, S.P. yanoviak@terra.com.pe Gering, J.C.	Insectos
CATIE	Implicaciones económicas del almacenamiento del CO ₂ en un bosque húmedo tropical en Costa Rica, bajo diferentes estrategias de intervención	Rodríguez-Rubí, L.E.	Bosques
CATIE	Cuantificación del carbono almacenado en un sistema silvopastoril en la zona atlántica de Costa Rica / Logros de la investigación para el nuevo milenio, CATIE	López-Musalem, A. Schlönvoigt, A.M. andrea_schlönvoigt@yahoo.de Ibrahim, M.A. mibrahim@catie.ac.cr Kleinn, C. ckleinn@gwdg.de Kanninen, M. m.kanninen@cgiar.org	Pastos
Colorado State University	Climatic impact of lowland deforestation on tropical montane cloud forests in Costa Rica	Nair, U.S.	Bosque
Cork University	Carbon storage in shade-grown coffee agroecosystems of southern Costa Rica: potential applications for the Clean Development Mechanism	Polzo, C.	Agricultura
Cornell University	Carbon dioxide exchange of a tropical rain forest, Part II	Lemon, E. Allen, L.H., Jr. Müller, L.E.	Bosque

Institución/Fuente	Proyecto/estudio	Persona contacto	Área de investigación
Current Biology (ISSN 0960-9822)	Protection fails to stem amphibian decline	Williams, N.	Anfibios
Duke University	Posible effects of global warming on the biological diversity in tropical forests	Hartshorn, G.A. ghartsho@duke.edu Peters, R. Lovejoy, T.E. tlovejoy@worldbank.org	Bosque
Florida International University	Effects of climate factors on daytime carbon exchange from an old growth forest	Oberbauer, S.F. Loescher, H.W. hank.loescher@oregonstate.edu Clark, D.B. dbclark@sloth.ots.ac.cr	Bosque
Florida International University	Tropical rainforest tree growth periodicity	O'Brien, J.J. jjobrien@fs.fed.us Oberbauer, S.F. oberbaue@flu.edu Clark, D.A. daclark@sloth.ots.ac.cr Clark, D.B. dbclark@sloth.ots.ac.cr	Bosque
Florida International University	Potential Effects of climate change on two neotropical amphibian assemblages	Donnelly, M.A. donnelly@fiu.edu Crump, M.L. peterf@navvax.ucc.anu.edu	Anfibios
Florida International University	The effects of climate on the growth and physiology of tropical rainforest trees	O'Brien, J.J. jjobrien@fs.fed.us	Bosque
Florida Medical Entomology Laboratory	Arthropod assemblages in epiphyte mats of Costa Rican cloud forests	Yanoviak, S.P. yanoviak@terra.com.pe Nadkarni, N.M. nadkarnn@evergreen.edu Solano, R.	Insectos - Epífitas
Institute of Terrestrial Ecology	Forests and insects	Watt, A.D. (ed) Store, N.E. (ed) Hunter, M.D.	Bosque / Insectos
Institute of Tropical Forestry	Epiphytes and climate change research in the Caribbean: A proposal	Lugo, A.E. alugo@upr1.upr.clu.edu Scatena, F.A.	Epífitas
Institute of Tropical Forestry	Cambios en el uso de la tierra e intercambios de gases atmosféricos en la región tropical húmeda: un estado en la zona atlántica de Costa Rica	Keller, M. Michael.keller@unh.edu	Bosque

Institución/Fuente	Proyecto/estudio	Persona contacto	Area de investigación
Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazonia	Global climatic change and Brazilian ecosystems / As mudanzas climaticas globais e os ecosistemas brasileiros Brasilia	Moreira, A.G. Schwartzman, S. Moreira, A.G. (ed)	Agricultura
International Institute of Tropical Forestry	Gradient analysis of biomass in Costa Rica and a first estimate of total emissions of greenhouse gases from biomass burning	Helmer, E.H. ehelmer/iitf@fs.fed.us Brown, S.	Bosque
International Rice Research Institute	Quantifying economic and biophysical sustainability trade-offs in tropical pastures	Bouman, B.A.M. b.bouman@cgiar.org andreas@mail.megalink.com Plant, R.A.J. rplant@gissrv.iend.wau.nl	Pastos
International Wildlife (ISSN 0020-9112)	Case of the dwindling cloud forest	Holmes, B. goldtoad@racsa.co.cr Fogden, M.P.L. / Fogden P. (fot) patriciafogden@hotmail.com	Aves / Bosque
Iowa State University	Carbon budget of a tropical soil under mature wet forest and young vegetation	Raich, J.W. jraich@iastate.edu	Bosque
Lund University	Cost and performance of CO2 storage in forestry projects	Swisher, J.N.	Bosque
Monteverde Cloud Forest Preserve	Tests of null models for amphibian declines of a tropical mountain	Pounds, J.A. goldtoad@racsa.co.cr Fogden, M.P.L. Savage, J.M. savy1@cox.net	Anfibios
Monteverde Cloud Forest Preserve	Biological response to climate change on a tropical mountain	Pounds, J.A. goldtoad@racsa.co.cr Fogden, M.P.L. Campbell, J.H.	Anfibios / Bosque

Institución/Fuente	Proyecto/estudio	Persona contacto	Área de investigación
Monteverde Cloud Forest Preserve	Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming	Pounds, J.A. goldtoad@racsa.co.cr ; Bustamante, M.R.; Coloma, L.A.; Consuegra, J.A.; Fogden, M.P.L.; Foster, P.N.; La Marca, E. Masters, K.L. amasters@racsa.co.cr Merino-Viteri, A.; Puschendorf, R. rpuschen@biologia.ucr.ac.cr Ron, S.R. sron@puceuiopuce.edu.ec Sánchez-Azofeifa, G.A. arturo.sanchez@ualberta.ca ; Still, C.J.; Young, B.E. bruce_young@natureserve.org	Anfibios
National Academy of Sciences of the United States of America	Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community	Lips, Karen R. Brenes, Roberto Reeve, John D. Alford, Ross A. Voyles, Jamie Carey, Cynthia Livo, Lauren Pessier, Allan P. Collins, James P.	Anfibios
National Aeronautics and Space Administration (NASA)	Evaluating ultraviolet radiation exposure with satellite data at sites of amphibian declines in Central and South America	Middleton, E.M. betsym@ltpmail.gsf.nasa.gov Herman, J.R. Celarier, E.A. Wilkinson, J.W. Carey, C. careyc@spot.colorado.edu Rusin, R.J.	Anfibios
NatureServe	Why do tropical house wrens breed when they do?	Young, B.E. bruce_young@natureserve.org	Aves
NatureServe	Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America	Young, B.E. bruce_young@natureserve.org , dbmcd@uwyo.edu Lips, K.R.; Reaser, J.K.; Ibañez, R.D.; Salas, A.W.; Cedeño, J.R.; Coloma, L.A.; Ron, S.R.; La Marca, E.; Meyer, J.R.; Muñoz, A.; Bolaños-Vives, F. bolanosv@biologia.ucr.ac.cr Chaves-Cordero, G.A.; Romo, D.	Anfibios

Institución/Fuente	Proyecto/estudio	Persona contacto	Área de investigación
New Scientist news@newscientist.com	Heads in the clouds	Holmes, B.	Aves - Anfibios
Oregon State University	Environmental controls on net ecosystem-level carbon exchange and productivity in a Central American tropical wet forest	Loescher, H.W. Oberbauer, S.F. oberbaue@flu.edu Gholz, H.L. hank.loescher@oregonstate.edu Clark, D.B. dbclark@sloth.ots.ac.cr	Bosque
Oregon State University	Ecosystem-level responses of carbon and energy from a tropical wet forest in Costa Rica	Loescher, H.W. hank.loescher@oregonstate.edu	Bosque
Saint Joseph's University	Temperature effects on metamorphic rates in the tropical poison frog, <i>Dendrobates auratus</i> : Implications for global warming	McRobert, S.P. Korbeck, R.G., Jr.	Anfibios
Saint Joseph's University	The effects of temperature on development and survival in tadpoles of the tropical poison frog <i>Dendrobates auratus</i>	Korbeck, R.G., Jr. McRobert, S.P.	Anfibios
Science (ISSB 0036-8075)	An intimate knowledge of trees	Kaiser, J.	Bosque
Science News (ISSN 0036-8423)	Feel the heat: Rain forests may slow their growth in warmer world	Perkin, S.	Bosque
Science News (ISSN 0036-8423)	Lowland tree loss threatens cloud forests – Science News of the week – deforestation in Costa Rica affecting the environment	Perkins, S.	Bosque
Scientific American (ISSN 0036-8733)	In the heat of the night : warmer nights may be slowing tropical forest growth and raising carbon dioxide levels	Beardsley, T.	Bosque

Institución/Fuente	Proyecto/estudio	Persona contacto	Área de investigación
Seed www.seedmagazine.com	Rainforests: Carbon sink or carbon source? Could tropical forests soon contribute to global warming?	Rosner, H.	Bosque
Southern Illinois University	Decline of a tropical montane amphibian fauna	Lips, K.R. klips@zoology.siu.edu	Anfibios
Stanford University	Simulating the effects of climate change on tropical montane cloud forests	Still, C.J. Foster, P.N.	Bosque
Stanford University	The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests	Foster, P.N.	Bosque
Sustainable agriculture and the environment in the humid tropics	Emissions of greenhouse gases from tropical deforestation and subsequent uses of the land	Dale, V.H.	Bosque
Texas Tech University	Economic value of the carbon sink services of Costa Rica's forestry plantations	Ramírez, O.A. octavio.ramirez@ttu.edu Gómez-Flores, M. mgomez@catie.ac.cr Sassa, K. (ed)	Reforestación
Texas Tech University	The carbon cycle and the value of forests as a carbon sink: a tropical case study	Ramírez, O.A. octavio.ramirez@ttu.edu Dore, M.H.I. (ed); Guevara, R. (ed)	Bosque
The Evergreen State College	Potential effects of climate change on canopy communities in a tropical cloud forest : an experimental approach	Nadkarni, N.M. narkarnn@evergreen.edu Solano, R.	Bosque
The University of Kansas	Computer simulation of tree growth periodicity and climatic hydroperiodicity in tropical forests	Borchert, R. borchert@ku.edu	Bosque
The University of Kansas	Responses of tropical trees to rainfall seasonality and its long-term changes	Borchert, R. borchert@ku.edu	Bosque

Institución/Fuente	Proyecto/estudio	Persona contacto	Area de investigación
The University of Kansas	Climatic periodicity, phenology and cambium activity in tropical dry forest trees	Borchert, R. borchert@ku.edu	Bosque
Universidad de Los Andes	Catastrophic population declines and extinctions in neotropical harlequin frogs (<i>Bufonidae Atelopus</i>)	La Marca, E. Lips, K.R. clips@zoology.siu.edu ; Lötters, S. Puschendorf, R. rpuschen@biologia.ucr.ac.cr Ibáñez, R.D.; Rueda-Almonacid, J.V. Schulte, R.; Marty, C.; Castro, F.; Manzanilla-Puppo, J.; García-Pérez, J.E.; Bolaños-Vives, F. bolanosv@biologia.ucr.ac.cr ; Chaves-Cordero, G.A.; Pounds, J.A. Toral-C.,E.; Young, B.E.	Anfibios
Universität Göttingen	Effects of pasture management on N ₂ O and NO emissions from soils in the humid tropics of Costa Rica	Veldkamp, E. evelcka@gwdg.de Keller, M. Michael.keller@unh.edu Núñez, M	Pastos / bosques
Universität Göttingen	Long-term CO ₂ production from deeply weathered soils of a tropical rain forest: evidence for a potential positive feedback to climate warming	Schwendenmann, L.C. lscwen@gwdg.de Veldkamp, E. evelcka@gwdg.de	Bosque
Universität Greifswald	Phytogeography of the bryophyte floras of oak forests and paramo of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica	Holz, I. ingo.holz@uni-greifswald.de Gradstein, S.R. sgradst@gwdg.de	Páramo
University of Alabama	Climatic impact of tropical lowland deforestation on nearby montane cloud forests	Lawton, R.O. lawton@email.uah.edu Nair, U.S. Pielke, R.A. Welch, R.M.	Bosque

Institución/Fuente	Proyecto/estudio	Persona contacto	Área de investigación
University of Alabama	Use of regional modeling and satellite remote sensing in tropical montane cloud forest studies	Nair, Udaysankar nair@nsstc.uah.edu Welch, Ron M. Lawton, Robert O. Asefi, Salve Deepak, Ray Manoharan, Vani	Bosque
University of Alabama	The geography of cloud formation and the biogeography of cloud forests: development of a quantitative approach	Lawton, R.O. Lawton@email.uah.edu Nair, U.S. Welch, R.M.	Bosque
University of California	Changing bee composition and frequency on a flowering legume, <i>Andira inermis</i> (Wright) Kunt ex DC. During El Niño and La Niña years (1997-1999) in Northwestern Costa Rica	Frankie, G.W. frankie@nature.berkeley.edu Rizzardi, M. mar13@humboldt.edu Vinson, S.B. bvinson@neo.tamu.edu Griswold, T.L. tgris@biology.usu.edu Ronchi, P. boraginaceae@hotmail.com	Insectos
University of California	Climate change implicated in amphibian and lizard declines	Wake, D.B. wakelab@berkeley.edu	Anfibios
University of New Hampshire	Spatial and temporal variability of nitrogen oxide and methane fluxes from a fertilized tree plantation in Costa Rica	Weitz, A.M. aweitz@bgc-jena.mpg.de Keller, M. michael.keller@unh.edu Linder, E. elinder@christa.unh.edu Crill, P.M. patrick.crill@unh.edu	Reforestación
University of New Mexico	Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica	Enquist, C.A.F. cafinn@unm.edu	Bosque
US Embassy. US Defense Attache Office	Interannual variability of annual streamflow and the Southern Oscillation in Costa Rica	George, R.K. Waylen, PR. prwaylen@geog.ufl.edu Laporte, S.	Agua dulce

Institución/Fuente	Proyecto/estudio	Persona contacto	Área de investigación
USDA Forest Service. International Institute of Tropical Forestry	Gradient analysis of biomass in Costa Rica and a first estimate of countrywide emissions of greenhouse gases from biomass burning	Helmer, E.H. ehelmer/iitf@fs.fed.us Brown, S.	Bosques
USDA/ARS	Environment of a Costa Rican forest	Allen, L.H., Jr. Lemon, E. Müller, L.E.	Bosque
Wright State University	Climatic unpredictability and parasitism of caterpillars: Implications of global warming	Stireman, J.O. ; Dyer, L.A. ldyaer@tulane.edu ; Janzen, D.H. djanzaen@sas.upenn.edu ; Singer, M.S; Lill, J.L. ; Marquis, R.J. ; Ricklefs, R.E.; Gentry, G.L.; Hallwachs, W. whallwacx@sas.upenn.edu ; Coley, P.D.; Barone, J.A.; Greeney, H.F.; Connahs, H.; Barbosa, P.	Insectos

9.2. Publicaciones, bases de datos y otros

La bibliografía más reciente relacionada con el tema de Biodiversidad y Cambio Climático fue editada por Gilbert Fuentes González, Ana Beatriz Azofeifa Mora y Susana Aguilar Zumbado (Fuentes González, G.; Azofeifa Mora, A.B.; Aguilar Zumbado, Susana (eds.) 2008. Bibliografía sobre Calentamiento Global y Cambio Climático en Costa Rica. Serie bibliografía OET No.7 OET-Ciudad de la Investigación, Organización para Estudios Tropicales. 151p.) Este documento contiene las citas bibliográficas de 329 publicaciones relacionadas con Calentamiento Global y Cambio Climático en Costa Rica. Incluye además los datos de los autores, el resumen, y la localización de la publicación, así como descriptores e índice de autores. Esta publicación se puede obtener en:

<http://www.ots.ac.cr/images/downloads/information-resources/library/cambio-climatico.pdf>

A continuación se presentan algunas publicaciones y fuentes de información adicionales relevantes al tema.

9.2.1. Publicaciones monográficas

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2002.

Documento técnico V del IPCC: Cambio climático y biodiversidad. Ginebra: Secretariado del IPCC. 85 p. Este es un documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) preparado en respuesta a una petición del Convenio de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. En el ámbito mundial, las actividades humanas han causado y van a seguir causando una pérdida en la biodiversidad, debido a múltiples razones. La tasa actual de la pérdida de biodiversidad es mayor que la de la extinción natural. Una pregunta esencial en este documento es ¿cuánto puede el cambio climático (ya sea de forma natural o inducido por el ser humano) aumentar o impedir estas pérdidas de la biodiversidad?

Localización: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/biodiv/pdf/bio_sp.pdf (español)
http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/biodiv/pdf/bio_eng.pdf (inglés)

Cambio climático y diversidad biológica. Convenio sobre la Diversidad Biológica / Día internacional de la diversidad biológica. UN/PNUD

La imagen de la tapa de este folleto captura el impacto más emblemático del cambio climático y de la consiguiente pérdida de diversidad biológica en todo el continente africano: la fusión glaciar en el Monte Kilimanjaro, en la frontera entre Tanzania y Kenya. Si bien la nieve y la cubierta de hielo de la montaña se han ido reduciendo durante más de ciento cincuenta años, en décadas recientes este proceso se ha acelerado, debido al ascenso de la temperatura y a la disminución de las precipitaciones. Se anticipa que el resto del glaciar desaparecerá completamente en un plazo de 20 años.

Localización: <http://www.cbd.int/doc/bioday/2007/ibd-2007-booklet-01-es.pdf> (español)
<http://www.cbd.int/doc/bioday/2007/ibd-2007-booklet-01-en.pdf> (inglés)

Listado de la categoría 'Biodiversidad y ecosistemas'

En esta página se tiene acceso a las secciones sobre Cambio Climático de: Noticias; Artículos; Foros; Didáctica; Imágenes; Vídeos y Misceláneos.

Localización: <http://www.cambio-climatico.com/noticias/biodiversidad-y-ecosistemas>

¿Están relacionados la desertificación, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad?

La desertificación reduce la diversidad biológica, que contribuye a muchos de los servicios que los ecosistemas de las tierras secas proporcionan al ser humano. La flora y su diversidad son elementos clave para la conservación del suelo y para la regulación de las aguas superficiales y el clima local. La desertificación contribuye además al cambio climático mundial al liberar al medio ambiente el carbono almacenado en la vegetación y en los suelos de las tierras secas.

Localización:

<http://www.greenfacts.org/es/desertificacion/l-3/7-cambio-climatico-biodiversidad.htm>

Escenarios de cambio climático para países de los Andes del Norte

Este folleto es uno de una serie producido por la WWF que describe el conocimiento más avanzado en la actualidad en escenarios del cambio climático para un número de países y regiones alrededor del mundo. Estos escenarios utilizan datos climáticos obtenidos por la Unidad de Investigación Climática, un grupo de escenarios para gases invernadero preparados por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change o IPCC), y una serie reciente de experimentos en cambio climático que utilizan siete modelos de climático global, y cuyos resultados se encuentran disponibles en el Centro de Distribución del IPCC.

Localización: <http://www.cru.uea.ac.uk/~mikeh/research/andes.pdf>

Diversidad del ganado y cambio climático

El mantenimiento de la diversidad de recursos zoogenéticos es esencial a fin de que los agricultores, pastores y criadores de animales estén en condiciones de satisfacer las necesidades de producción actuales y futuras que derivan de los cambios del medio ambiente (incluido el cambio climático), de potenciar la resistencia a las enfermedades y los parásitos, y de responder a los cambios en la demanda de productos animales por parte de los consumidores. La ganadería contribuye al cambio climático, y se verá afectada por él. Los productores de ganado deberán hacer frente tanto a cambios climáticos lentos como a eventos climáticos extremos más frecuentes. Se prevé que el cambio climático influirá tanto en forma directa como indirecta en la producción y en la productividad de la ganadería.

Localización: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0112s/i0112s16.pdf>

El cambio climático y los pueblos indígenas

Los pueblos indígenas son de los primeros que tienen que afrontar las consecuencias directas del cambio climático por su dependencia del medio ambiente y de sus recursos y su estrecha relación con ellos. El cambio climático agudiza las dificultades que ya enfrentan las comunidades indígenas vulnerables, como la marginación política y económica, la pérdida de tierras y recursos, las violaciones de los derechos humanos, la discriminación y el desempleo.

Localización: http://www.un.org/esa/socdev/unpfi/documents/background%20climate_ESP_FORMA_TTED.pdf

El cambio climático y la biodiversidad para los alimentos y la agricultura

Conforme el clima se modifica, aumentará el valor de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura. Los recursos genéticos son la materia viva que usan las comunidades locales, los investigadores y los mejoradores para adaptar la producción de alimentos y la agricultura a las necesidades en transformación. Mantener y utilizar estas reservas de diversidad genética será la base para afrontar el cambio climático.

Localización: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0142s/i0142s01.pdf>

Cambio Climático y la Biodiversidad

El cambio climático representa un enorme riesgo para la naturaleza, tanto para biodiversidad como para la riqueza de ecosistemas. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático afirma que se espera que esta situación afecte tanto a organismos individuales, poblaciones, distribución de especies, como al funcionamiento de los ecosistemas debido a aumento en la temperatura, cambios en los patrones de precipitación, climas extremos y aumentos en el nivel del mar (IPCC, *Cambio Climático y Biodiversidad*, 2002).

Localización: http://www.pronatura.org.mx/cambio_climatico_biodiversidad.php

Speed Kills: Rates of Climate Change are Threatening Biodiversity

Global warming represents a rapidly worsening threat to the world's wildlife and natural habitat. The increase of global temperatures seen in the late 20th century was unprecedented in the last 1,000 years. Professor Tom Crowley of Texas A&M University predicts that in the 21st century "the warming will reach truly extraordinary levels" surpassing anything in the last 400,000 years. New research by the conservation organization WWF indicates that the speed with which global warming occurs is critically important for wildlife, and that the accelerating rates of warming we can expect in the coming decades are likely to put large numbers of species at risk.

Localización: http://www.panda.org/news_facts/newsroom/features/index.cfm?uNewsID=2143

Global Warming and Terrestrial Biodiversity Decline

Past efforts to model the potential effects of greenhouse warming on global ecosystems have focussed on flows of energy and matter through ecosystems rather than on the species that make up ecosystems. For this study, we used models that simulate global climate and vegetation change to investigate three important threats to global terrestrial biodiversity: 1) Rates of global warming that may exceed the migration capabilities of species 2) Losses of existing habitat during progressive shifts of climatic conditions 3) Reductions in species diversity as a result of reductions in habitat patch size. We also analyzed the effects that major natural barriers such as oceans and lakes, and human caused impediments to migration, including agricultural land and urban development, might have on the ability of species to move in response to global warming.

Localización: http://assets.panda.org/downloads/speedkills_c6s8.pdf

Threats to Biodiversity: Global Warming

Everyday more evidence is uncovered that link global warming to unprecedented changes in air and water temperature, water levels and the timing of seasons. These new conditions are causing radical changes in ecosystems around the world. As the ecosystems change, the plants and animals that have evolved with them over thousands of years cannot adapt quickly enough to survive. As a result, global warming is quickly replacing habitat destruction as the greatest threat to biodiversity. It may seem like global warming is only affecting plants, animals and places far away like the poles or the Amazon rain forests, but in reality, those places are the "canary in the coal mine." Ecosystems, plants and animals across the United States will likely experience significant changes as well.

Localización: <http://www.biodiversityproject.org/2008revision/html/biodiversity/globalwarming.htm>

Científicos alertan de que cambio climático amenaza la diversidad de la papa

El cambio climático amenaza a la biodiversidad de la papa, el tercer cultivo más consumido por la humanidad, ya que podrían desaparecer muchas de sus más de 5.000 variedades, alertó la comunidad científica en la ciudad peruana de Cuzco. La alarma se dio durante la segunda jornada del foro La Ciencia de la Papa para los Pobres: Desafíos para el Nuevo Milenio, que se celebró a fines del mes de marzo, en el marco del Año Internacional de la Papa bajo la organización de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Localización: http://actualidad.terra.es/sociedad/articulo/cientificos_alertan_cambio_climatico_amenaza_2347244.htm

Taller sobre Cambio Climático, Biodiversidad y Pueblos Indígenas

En los últimos años, ha quedado científicamente comprobado que el mundo enfrenta un proceso muy marcado de cambio climático producido, principalmente, por efectos de la actividad humana. Ante ello, las políticas globales se han centrado en la reducción de gases de efecto invernadero, el desarrollo de incentivos para promover sistemas productivos “limpios”, el desarrollo de un mercado de bonos de carbono y, en general, enfrentar este problema desde el Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Recientemente, las discusiones sobre el cambio climático han incluido el tema de la reducción de la deforestación como una estrategia de mitigación. Muchas de estas selvas están habitadas por pueblos indígenas.

Localización: http://www.comunidadandina.org/desarrollo/climalatino_talleres_comunidades.htm

En 20 años habrá resultados cómo afecta el cambio climático la biodiversidad de España

La instalación de estaciones meteorológicas en los Parques Nacionales de Sierra Nevada, Teide, Cabrera y Picos de Europa permitirá recoger datos fiables sobre el cambio climático y estudiar sus efectos sobre la biodiversidad del país en un plazo de diez a veinte años.

Localización: <http://www.electronicafacil.net/ciencia/Article7319.html>

Diversidad Biológica y Cambio Climático

El Cambio Climático afecta ya y continuará afectando la Diversidad Biológica. Debido al rápido ritmo con el que está ocurriendo, plantas y animales presentan problemas de adaptación resultando en cambios en la distribución de especies, aumento de las tasas de extinción, cambios en los tiempos de reproducción, cambios en los patrones de migración de aves, y cambios en los patrones de crecimiento de las plantas, entre otros. Los impactos del cambio climático en la biodiversidad son una de las mayores preocupaciones del CDB. En 2001 se estableció un grupo de expertos para analizar la relación entre la biodiversidad y el cambio climático, el cual concluyó que existen oportunidades significativas para atenuar el cambio climático mientras se mejora la conservación de la biodiversidad e identificó una serie de herramientas que pueden ayudar a los tomadores de decisiones a tomar medidas informadas.

Localización: http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/divbio_cambio_clim.html

Impacto del Cambio Climático en la Biodiversidad. El caso de Monteverde – Costa Rica

El calentamiento global ha producido una serie de desbalances en los ecosistemas que apenas si podemos atisbar. Existe un gran debate mundial entre científicos sobre si dicho calentamiento es cierto, si el mismo en verdad se relaciona con la concentración de gases de invernadero, o si más bien es un ciclo natural del clima de la tierra y que por lo corto de nuestros registros meteorológicos nos es imposible valorar la magnitud de estos cambios en un mayor contexto histórico.

Localización: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_XI/a50-6907-III_385.pdf

El cambio climático, la biodiversidad y el Programa General de la UICN

Esta Resolución fue aprobada por consenso. El Estado miembro y organismos gubernamentales miembros Estados Unidos de Norteamérica se abstuvieron en la aprobación por consenso de esta Resolución.

Localización: http://www.iucn.org/congress/2004/general/aman_resolutions/espanol/res16.pdf

Biodiversidad o Cambio Climático?: ¿Dos Convenciones Incompatibles?: Las Especies Invasivas

Cuando en la Cumbre de Río de Janeiro de 1992 se acordaron llevar a cabo la puesta en marcha de dos convenciones internacionales con vistas a preservar la biodiversidad y frenar el calentamiento climático, nadie se imaginaba que 25 años después las iniciativas tomadas en pro de enfriar el planeta estuvieran erosionando la biodiversidad a un ritmo vertiginoso. Hoy por hoy, parecen resultar incompatibles: ¿Biodiversidad y Cambio Climático? Obviamente en una economía de mercado brutal, tanto los gobiernos como la industria lo tienen claro. Pero lo peor es que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, ha resultado ser un fracaso rotundo y flagrante, a pesar de lo cual, estén seguros que las cosas no cambiarán en un futuro inmediato. Las emisiones de CO₂ a la atmósfera siguen creciendo a un ritmo trepidante. Todo ello demuestra la ineficacia de la gobernanza sobre el planeta, así como la estupidez de quienes rigen el destino de la humanidad.

Localización: <http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2008/05/28/93152.aspx>

La Diversidad Biológica, el Cambio Climático y los Objetivos de Desarrollo de Desarrollo del Milenio (ODM)

El cambio climático constituye una amenaza para la diversidad biológica, comprometiendo así el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas (ODM). La conservación de la diversidad biológica y la preservación de la integridad de los ecosistemas son fundamentales para reducir la vulnerabilidad de las poblaciones al cambio climático y para alcanzar los ODM.

Localización: <http://www.cbd.int/doc/bioday/2007/ibd-2007-factsheet-05-es.pdf>

Cambio Climático y Biodiversidad: Cooperación entre el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Convención Marco sobre Cambio Climático

Aunque el efecto del cambio climático puede variar de un sitio a otro, es probable que ocasione severos impactos negativos en ecosistemas, especies y subsistencia humana. Se ha proyectado que los ecosistemas de bosque, aguas interiores, tierras secas, costeras y marinas, podrían experimentar serios cambios estructurales y funcionales. Existe sustanciosa evidencia que demuestra que el cambio climático es la causa principal del drástico y extenso descolorimiento de los corales, como evidencian las Partes en su decisión V/3.

Localización: http://ncsp.va-network.org/UserFiles/File/PDFs/Resource%20Center/Latin America/IUCN_2001.pdf

¿Qué impacto del cambio climático en la biodiversidad te preocupa más?

Localización: <http://www.frenaelcambioclimatico.com/blog/?p=278>

Documento de posición sobre adaptación al cambio climático

Hace poco las Naciones Unidas reconoció al cambio climático como un asunto de trascendencia con respecto a los derechos humanos. Esto muestra una vez más la importancia que este tema ha alcanzado en las esferas internacionales. Sin embargo, del discurso a los hechos hay un gran trecho, puesto que una cosa son las declaraciones oficiales y otras son las soluciones que se presentan frente a los desastres climáticos. Esto se evidenció en diciembre del 2007 en Bali, durante la Conferencia de las Partes de la Convención de Cambio Climático (UNFCCC) y del Protocolo de Kyoto (PK), pues está claro que los países que más contaminan no están interesados en cumplir con los compromisos establecidos en las negociaciones internacionales sobre clima y ahora aspiran a diseñar nuevos acuerdos para el escenario post 2012, año en el que termina el primer período del protocolo (post-Kioto). Todo está forjado a través de mecanismos para la mitigación y ahora para la adaptación al cambio climático con los que evitan reducir las emisiones reales, y permitirán nuevos negocios climáticos. Los países que tienen obligaciones de reducir las emisiones de los gases con efecto invernadero han hecho muy poco, y lo están haciendo mal, mientras que aparecen como acciones positivas.

Localización:

http://www.biodiversidadla.org/objetos_relacionados/file_folder/archivos_pdf_2/documento_de_posicion_sobre_adaptacion_al_cambio_climatico

Biodiversidad, cambio climático y pobreza: una exploración de los vínculos

La biodiversidad (la variedad de la vida en general, desde los genes y las especies hasta los ecosistemas) está ligada íntimamente al clima de la tierra e, inevitablemente, al cambio climático. La biodiversidad y la pobreza están ligadas. Por ejemplo, los cambios en los ecosistemas naturales influyen sobre el cambio climático y sobre la capacidad de adaptación de las personas a los impactos más severos. Y, a su vez, el cambio climático al igual que las respuestas de la gente al cambio, afectan la biodiversidad. Al identificar estas tendencias es posible demostrar que la conservación y la gestión de la biodiversidad pueden contribuir a que los sistemas naturales y la gente puedan responder al reto del cambio climático. Sin embargo, si se compara con otras actividades tales como la conservación forestal y la reforestación, ampliamente conocidas en su función de capturar carbono y de recortar emisiones de gases de invernadero, la conservación de la biodiversidad es un área descuidada. Es imperativo un cambio: se requiere urgentemente un apoyo para promover soluciones locales a la pérdida de la biodiversidad que provean beneficios a muchos niveles.

Localización: <http://www.iied.org/pubs/pdfs/17034SIIED.pdf>

9.2.2. Bases de datos/bibliotecas/páginas web

Instituto Metereológico Nacional, IMN

En su página web <http://cglobal.imn.ac.cr/> está todo lo relacionado al tema de cambio climático. Estudios, escenarios, inventarios de emisiones, informes, la Estrategia Nacional de Cambio Climático, Comunicaciones Nacionales (1 entregada oficialmente por parte del gobierno de Costa Rica), son accesibles a través de esta página. La persona contacto es Roberto Villalobos, rvilla@imn.ac.cr

Binabitrop, OET

Esta base de datos de la Organización para Estudios Tropicales, OET, es quizá la más completa del país en cuanto a información sobre el trópico. De fácil manejo y búsquedas. Disponible físicamente en la biblioteca de la OET y a través de internet en la siguiente dirección: <http://www.ots.ac.cr> . En esta página hay varias bases de datos.

Biodoc, UNA

Biblioteca en la Escuela de Biología de la Universidad Nacional cuyo material tiene énfasis en vida silvestre.

Biblioteca conmemorativa Orton, CATIE

Resume investigaciones en el CATIE y en temas asociados a su quehacer. En la página web del Catie también están disponibles bases de datos en la siguiente dirección: http://biblioteca.catie.ac.cr/bases_de_datos.html

Centro de documentación Leslie Holdridge, CCT

Se puede conocer en sus instalaciones en San Pedro de Montes de Oca y su página web: <http://www.cct.or.cr/servicios/servicios.php?id=1>

En la sección de investigaciones <http://www.cct.or.cr/investigacion/> organizada por temas de investigación, con disponibilidad de PDF y contactos.

Centro de Investigaciones en Mar y Limnología, CIMAR, UCR

En su página web están referencias bibliográficas y estudios que se realizan, publicaciones y tesis. <http://www.cimar.ucr.ac.cr/>

Escuela de Biología, UCR

Proyectos de investigación están disponibles en la página <http://biologia.ucr.ac.cr/> y centro de documentación ubicado en la sede Rodrigo Facio de la UCR.

Asociación Conservacionista de Monteverde

En su página web están disponibles las investigaciones que realizan. <http://www.acmcr.org/> , http://www.acmcr.org/investigacion_biologica.htm

Página oficial de la Convención sobre Cambio Climático

La página Web del Convenio sobre Cambio Climático, tiene variada información sobre el tema, incluye acceso a documentos diversos en un centro de documentación disponible en: http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/library/items/3333.php y en la sección de publicaciones:

http://unfccc.int/essential_background/background_publications_htmlpdf/items/2625.php

9.2.3. Afiches sobre cambio climático



La organización World Wild Found tiene en su página web disponibles diversos folletos pequeños y afiches sobre el cambio climático.

Localización:

http://www.panda.org/about_wwf/what_we_do/climate_change/publications/fact_sheets/index.cfm



La página oficial de la Convención sobre Cambio Climático también tiene diferentes folletos, documentos y afiches relacionados a cada reunión de las partes. Están disponibles en:

http://unfccc.int/essential_background/background_publications_htmlpdf/items/2625.php

Haciendo una búsqueda en Google con las palabras cambio climático, aparecen numerosas ligas a imágenes relacionadas con sus respectivas páginas donde accederlos. Algunos de los más de 40 ejemplos mostrados al hacer la búsqueda son los siguientes:

9.2.4. Imágenes en la Internet.



CAMBIO CLIMATICO, SINDICATOS Y RAJOY ...
375 x 300 - 71k - jpg
www.gratisblog.com



Los modelos del **cambio climático** ...
500 x 356 - 82k - jpg
iagua.es



El **cambio climático** es un **cambio climático** hecho ...
422 x 399 - 33k
hernanquiroz.wetpaint.com
www.ganso.org



colabora contra el **cambio climático**
405 x 411 - 83k - jpg



... Etiquetas: **cambio climático**, ...
679 x 654 - 88k - jpg
cienciasdelatierra.wordpress.com



SOS: **Cambio climático**
728 x 500 - 80k - jpg
turcon.wordpress.com



O **cambio climático** esixe dunha serie ...
320 x 320 - 34k - jpg
www.infofol.net



... los efectos del **Cambio Climático** ...
450 x 303 - 31k - jpg
www.psicofxp.com



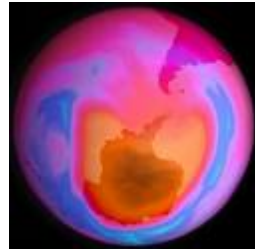
... contra el **cambio climático**
2849 x 1937 - 627k - jpg
www.eldiariomontanes.es



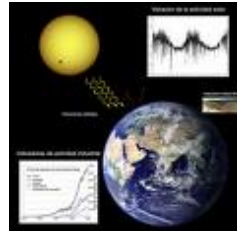
¿Que es el **cambio climático**? o mejor ...
320 x 320 - 25k - jpg
thomasroca.blogspot.com
[[More from blogger.com](#)]



... del **cambio climático** realizado ...
862 x 721 - 45k - jpg
weblogs.madrimasd.org



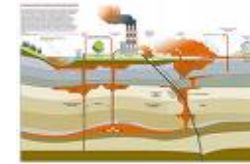
CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO
413 x 414 - 17k - jpg
alacant.wordpress.com



Por '**cambio climático**' se entiende ...
350 x 342 - 43k - jpg
www.genv.net



Cambio Climático icono
320 x 320 - 30k - jpg
elproyectomatriz.wordpress.com



El **cambio climático** es el reto ...
430 x 304 - 108k - jpg
www.greenpeace.org
[[More from www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org)]



Infografía sobre el **Cambio Climático** ...
371 x 450 - 42k - jpg
www.geographos.com



cambio-climatico.gif
300 x 427 - 83k - gif
jokangus.nireblog.com



Los efectos del **cambio climático**
340 x 462 - 22k - jpg
www-org.elpais.com



Cambio climático
576 x 756 - 157k - jpg
blogs.clarin.com



... donde el **cambio climático** la ...
270 x 380 - 16k - jpg
cj2008iesno22.blogspot.com

9.2.5. Publicaciones seriadas

Castro, R., F. Tattenbach, L. Gámez, y N. Olson, 2000: The Costa Rican experience with market instruments to mitigate climate change and conserve biodiversity. *Environmental Monitoring & Assessment*, 61(1):75–92.

Two decades of developing relevant legal and institutional regimes for the sustainable and non destructive use of natural resources have framed Costa Rica's pioneer approach to mitigate climate change and conserve its rich biological diversity. This policy framework provides an appropriate context for the actual and proposed development of market instruments designed to attract capital investments for carbon sequestration and biodiversity conservation, and allows the establishment of mechanisms to use those funds to compensate owners for the environmental services provided by their land. As a developing economy, Costa Rica is striving to internalize the benefits from the environmental services it offers, as a cornerstone of its sustainable development strategy.

Localización: http://www.ots.ac.cr/rdmcnfs/datasets/biblioteca/pdfs_private/nbina-6547.pdf

Biblioteca OET: NBINA-6547

Impacto del cambio climático en la biodiversidad: el caso de Ecuador

Proyecto realizado por el grupo Kraken y financiado por la Fundación BBVA dentro de sus convocatorias de proyectos para el estudio y la conservación de la biodiversidad. Una parte de este proyecto se desarrolla en el Centro Universitario de Mérida donde se exploran nuevas técnicas de modelización espacial aplicada a la distribución potencial de especies. El proyecto se realiza en colaboración con el Missouri Botanical Garden y el Herbario Nacional de Ecuador y está dotado de tres becas predoctorales de 3 años de duración. El objetivo es identificar las áreas de alta diversidad en Ecuador y analizar su estabilidad y variabilidad espacial y temporal en un escenario de cambio climático global. Este análisis se realiza para varios cientos de especies vegetales cuya síntesis permitirá valorar las pérdidas o ganancias de biodiversidad en cada lugar, facilitando la labor de planificación sobre una base cartográfica.

http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1368

9.2.6. Blogs y agencias noticiosas internacionales

El cambio climático y la acción humana amenazan la biodiversidad

El cambio climático y la acción humana ponen en riesgo la existencia de muchas especies de flora y fauna en América Latina, advirtieron organizaciones ecologistas al celebrarse hoy el Día Internacional de la Biodiversidad.

<http://decadaoei.blogspot.com/2007/05/el-cambio-climtico-y-la-accin-humana.html>

Diseñan un atlas sobre el impacto del cambio climático en la biodiversidad europea

El Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN) de Madrid ha elaborado el primer atlas que recoge cómo afectará el cambio climático a la distribución de más de 3.000 especies de vertebrados y plantas en Europa, explicó Miguel Araújo, científico que lidera el programa. El diseño del atlas es parte del proyecto europeo ALARM, cuyo objetivo es evaluar los impactos del calentamiento global en Europa.

<http://www.elmundo.es/elmundo/2007/06/18/ciencia/1182180267.html>

Biodiversidad y Cambio Climático: la misma lucha

Con motivo de la celebración de la Cumbre Mundial de la ONU sobre la Biodiversidad en Bonn se escribió este breve decálogo sobre la importancia de la defensa de la diversidad viva del planeta.

<http://www.davidhammerstein.com/article-19736054.html>

Declive en Biodiversidad Aviar Global Por Culpa del Cambio Climático y la Deforestación

El calentamiento global y la destrucción del hábitat conducirán a severos declives y extinciones en bastantes de las 8.750 especies de pájaros terrestres del mundo durante los próximos 100 años, según un estudio llevado a cabo por biólogos de la Universidad de California en San Diego y la Universidad de Princeton. Esta investigación constituye la primera evaluación de cómo el cambio climático global y la destrucción del hábitat pueden interactuar para afectar a la distribución de un gran grupo de vertebrados durante los próximos 100 años.

<http://www.amazings.com/ciencia/noticias/050707c.html>

¿Qué hay entre la biodiversidad, el cambio climático y la pobreza?

¿Qué es la biodiversidad, como está ligada al cambio climático? La biodiversidad es la variedad de la vida en general, desde los genes y las especies hasta los ecosistemas. Los cambios en la biodiversidad y en los sistemas naturales tienen una gran influencia sobre el clima global. Cambios en el uso del suelo, en particular la deforestación en regiones tropicales (donde los bosques son muy ricos en biodiversidad) pueden ser responsables de aproximadamente el 18 por ciento de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) provenientes de la actividad humana, según informan Ana, Reid, y Krystyna Swiderska, del Instituto Internacional para el Ambiente y Desarrollo (IIED).

<http://www.periodistasenlinea.org/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=8160&mode=thread&order=0&thold=0&POSTNUKESID=0c940e472df51aaf8e7901a48fa37072>

Los cambios agrícolas actuales y el cambio climático

Los problemas agrícolas actuales en Venezuela que podrían ser agravados por el calentamiento y que deberían ser el foco de las medidas destinadas a reducir la vulnerabilidad, incluyen los cultivos en lugares con condiciones climáticas o de suelo deficientes. A causa del calentamiento, esas condiciones podrían generalizarse o la agricultura tendría que expandirse hacia áreas con suelos más pobres, o ambas cosas. Las medidas concentradas en aumentar la productividad agrícola en las condiciones marginales actuales aliviarían el hambre en el futuro, se produzca o no un cambio climático....

<http://agronotas.wordpress.com/2008/07/01/losproblemasagricolas/>

El cambio climático y la acción humana amenazan la biodiversidad

Blog de educadores para la sostenibilidad para realizar comentarios relativos a la década instaurada por Naciones Unidas y promovida por Iberoamérica por la OEI.

El cambio climático y la acción humana ponen en riesgo la existencia de muchas especies de flora y fauna en América Latina, advirtieron organizaciones ecologistas al celebrarse hoy el Día Internacional de la Biodiversidad. La Organización de las Naciones Unidas (ONU), que instituyó la conmemoración, denunció que cada día desaparecen en el mundo 150 especies, y calcula que se ha perdido un tercio de la riqueza natural del planeta.

En Latinoamérica, una de las regiones con mayor biodiversidad en el mundo, las reservas naturales, como la Amazonía, sufren las consecuencias de la tala ilegal e indiscriminada de árboles, la quema de enormes extensiones de tierras para la siembra y los efectos devastadores del cambio climático. El impacto del cambio climático en la biodiversidad es tal que la ONU determinó que el tema central para las celebraciones de hoy sea «Cambio Climático y Diversidad Biológica»

<http://decadaoei.blogspot.com/2007/05/el-cambio-climtico-y-la-accin-humana.html>

Cambio climático: La biodiversidad extremeña sufrirá los efectos en un siglo, según un profesor de la UEx

El profesor de la Universidad de Extremadura, España, Ricardo Morán ha señalado a Efe que la biodiversidad extremeña sufrirá los efectos del cambio climático en un siglo, aunque advierte de que los primeros indicios del calentamiento ya se reflejan en la flora y la fauna autóctonas. Morán, que forma parte del grupo de investigación de Biología del Comportamiento de la UEx, ha señalado que existen algunas especies endógenas, como el buitre negro y el jarabugo, que están adaptadas al medio extremeño y no están preparadas para afrontar un cambio brusco del clima, previsible para un período de entre 50 años y un siglo.

<http://www.hoy.es/20080608/regional/cambio-climatico-biodiversidad-extremena-20080608.html>

Cambio climático y biodiversidad

Rodrigo Gámez Lobo, Presidente del INBio: Al observar una fotografía del monte Kilimanjaro, ubicado en la frontera entre Kenia y Tanzania, uno no puede menos que maravillarse. El conjunto escénico de las nieves y el glaciar de la cumbre de este majestuoso volcán en medio de las sabanas del este de África, resulta de una belleza excepcional. Por eso precisamente ha sido objeto de fotos, documentales, narraciones y hasta películas, como el clásico del cine Las nieves del Kilimanjaro

http://www.nacion.com/ln_ee/2007/mayo/22/opinion1104706.html

Cambio climático y la biodiversidad

Impacto preocupa a los científicos del mundo entero. Dos especialistas trujillanos embarcados en proyecto de monitoreo de la Unesco.

<http://www.biodiversityreporting.org/article.sub?docId=24325&c=Peru&cRef=Peru&year=2007&date=September%202006>

En 20 años habrá resultados cómo afecta cambio climático biodiversidad España

La instalación de estaciones meteorológicas en los Parques Nacionales de Sierra Nevada, Teide, Cabrera y Picos de Europa permitirá recoger datos fiables sobre el cambio climático y estudiar sus efectos sobre la biodiversidad del país en un plazo de diez a veinte años.

<http://www.electronicafacil.net/ciencia/Article7319.html>

Cambio climático amenaza la diversidad de la papa

El cambio climático amenaza a la biodiversidad de la papa, el tercer cultivo más consumido por la humanidad, ya que podrían desaparecer muchas de sus más de 5.000 variedades, alertó la comunidad científica en la ciudad peruana de Cuzco. La alarma se dio durante la segunda jornada del foro La Ciencia de la Papa para los Pobres: Desafíos para el Nuevo Milenio. En una entrevista con Efe el científico panameño Roberto Quiroz, responsable de Medioambiente del Centro Internacional de la Papa (CIP), explicó que los Andes, el lugar donde se domesticó la papa hace 8.000 años, será una de las zonas más afectadas del planeta.

Esto ocurrirá por la subida de las temperaturas y la consiguiente aparición de nuevas plagas y enfermedades, así como por la eventual destrucción del hábitat natural del tubérculo
<http://trujillodi.wordpress.com/2008/04/11/cambio-climatico-amenaza-la-diversidad-de-la-papa/>

Rock y Pop contra el cambio climático con Derramidea, y Acciónatura/CeroCO2

Se presenta el disco "DERRAMIDEA. Música contra el cambio climático", que en 4 CDs contiene 74 canciones, Rock y Pop, relacionados con el cambio climático, la destrucción del medio ambiente y la defensa de la naturaleza, y que se ha editado en el marco del Festival Derrame Rock, que se celebra los próximos 17, 18 y 19 de julio en Pravia (Asturias)
<http://www.frenaelcambioclimatico.com/blog/?p=595>

Poca concreción en la reunión del G8, en relación a la lucha contra el cambio climático

Ya tenemos la Declaración resultante de la reunión que el G8 ha mantenido estos días en Japón. En general, pocos avances concretos en lo referente a la lucha contra el cambio climático. Destacar los apartados de su declaración que se refieren a "Medio Ambiente y Cambio Climático", donde alentan a "llevar a cabo acciones encaminadas a reducir las emisiones provenientes de la deforestación y la degradación de los bosques en los países en vías de desarrollo [lo que en inglés ya se conoce con las siglas "REDD", de "Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries"], incluyendo el desarrollo de una red de monitoreo internacional de los bosques, que se basa en iniciativas ya en marcha." El G8 reconoce, asimismo, la necesidad urgente de frenar la tala ilegal y el comercio asociado, previéndose considerar la primera lista de opciones que se desprenden de un estudio llevado a cabo sobre el tema...
<http://www.frenaelcambioclimatico.com/blog/?p=599>

10. Bibliografía

- Alpizar, E.; Castro, G.; Elizondo, L.H.; Jiménez, Q.; Rodríguez, E.; Vásquez, A. 2000. Vulnerabilidad de los Bosques. *In*: Instituto Meteorológico Nacional. Estudios de vulnerabilidad ante el cambio climático. Informe Final. Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Ambiente y Energía. Pp. 71-103.
- Alvarado, J.J.; Fernández, C.; Nielsen, V. 2006. Arrecifes y comunidades coralinas. *In*: Informe Técnico: Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica. Nielsen, V.; Quesada, M.A. (eds.). Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. CIMAR-CI-TNC. 456 pp.
- Araújo, M.B.; Cabeza, M.; Thuiller, W.; Hanna, L.; Williams, P.H. 2004. Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology* 10: 1618-1626.
- Araújo, M.B.; Rahbek, C. 2006. How Does Climate Change Affect Biodiversity? *Science* 313: 1396-1397.
- Bates, B.C.; Kundzewicz, Z.W.; Wu, S.; Palutikof, J.P. (eds.). 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
- Binckley, C.A.; Spotila, J.R.; Wilson, K.S.; Paladino, F.V. 1998. Sex determination and sex ratios of Pacific leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*. *Copeia* (2): 291-300.
- Bussing, W.A. 1976. Geographic distribution of the San Juan ichthyofauna of Central America with remarks on its origin and ecology. Pp.: 167-176. *In*: T.B. Thorson (ed.). Investigations of the ichthyofauna of Nicaraguan lakes. Lincoln: University of Nebraska.
- Choudhury, K.; Dziedziuch, C.; Häusler, A; Ploetz, C. 2004. Integration of Biodiversity Concerns in Climate Change Mitigation Activities. A Toolkit. Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt). 70p.
- Clark, D.A.; Piper, S.C.; Keeling, C.D.; Clark, D.B. 2003. Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984-2000. *PNAS* 100(10): 5852-5857.
- Colwell, R.K.; Brehm, G.; Cardelús, C.L., Gilman, A.C.; Longino, J.T. 2008. Global Warming, Elevational Range Shifts, and Lowland Biotic Attrition in the Wet Tropics. *Science* 322, 258 doi: 10.1126/science.1162547
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. El fenómeno de El Niño: ¿Cómo adaptarnos? Costa Rica. (CNE). San José, CR; s.f
- Condit, R. 1998. Ecological implications if changes in drought patterns: shift in forest composition in Panama. *Climatic Change* 39: 413-427.
- Deliso, E. 2007. Climate Change and the Hummingbirds of Monteverde Cloud Forest, Costa Rica. San José, C.R.: Centro Científico Tropical. 42p.
- Dinerstein, E.; Olson, D.M.; Graham, D.J.; Webster, A.L.; Primm, S.A.; Bookbinder, M.P.; Ledec, G. 1995. Una Evaluación del estado de conservación de las ecoregiones terrestres de América Latina y el Caribe. Fondo Mundial para la Naturaleza y Banco Mundial. 135p.
- Easterling, D.R.; Meehl, J.; Parmesan, C.; Chagnon, S.; Karl, T.R.; Mearns, L.O. 2000. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science* 289:2068-2074.
- Enquist, C.A.F. 2002. Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica. *Journal of Biogeography* 29: 519-534.
- Escobar, F.; Halffter, G.; Solís, A.; Halffter, V.; Navarrete, D. 2008. Temporal shifts in dung beetle community structure within a protected area of tropical wet forest: a 35-year study and its implications for long-term conservation. *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/j.1365-2664.2008.01551.x
- Escobedo, G.A. 2005. Efectos del clima en la proporción de sexos del caimán (*Caiman crocodilus*, Reptilia, Alligatoridae). Tesis de Licenciatura en Biología con énfasis en Manejo de Recursos Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia; Instituto Meteorológico Nacional, CR.

- Estado de la Nación. 2008. Crisis energética no cambia patrones de consumo insostenibles. Decimocuarto Informe Estado de la Nación. Estado de la Nación, San José, Costa Rica.
- Fernández W., R. Chacón y J. Melgarejo, 1996. On the Rainfall Distribution with Altitude over Costa Rica. *Revista Geofísica* 44, 57-72.
- Finegan, B. 2007. El Monitoreo de los Impactos del Cambio Climático en la Biodiversidad de Costa Rica: la aplicación del Programa de Monitoreo Ecológico Terrestre de las Áreas Protegidas y Corredores Biológicos (PROMEC-CR). CATIE, 5 de octubre del 2007. Documento en desarrollo.
- Fogden, M.; Fodgen, P. 2005. Hummingbirds of Costa Rica. Zona Tropical, Miami.
- FONAFIFO. 2005. FONAFIFO: Más de una década de acción. 125 pp.
- Fonseca, A.C. 2006. Atlas marino costero de Costa Rica. *In: Informe Técnico: Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica*. Neilsen, V.; Quesada, M.A. (eds.). Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. CIMAR-CI-TNC. 456 pp.
- Fuentes González, G.; Azofeifa Mora, A.B.; Aguilar Zumbado, S. (eds.) 2008. Bibliografía sobre Calentamiento Global y Cambio Climático en Costa Rica. Serie Bibliografía OET No. 7. OET – Ciudad de la Investigación. 151p.
- Gestión del Patrimonio. Informes sobre el Estado de la Nación, <http://www.estadonacion.or.cr>
- Girof; P.; Jiménez, A. 2003. Marco Regional de Adaptación al Cambio Climático para los Recursos Hídrico en Centroamérica. UICN/ORMA. 48 p.
- Gómez, E. 2006. Estuarios. *In: Informe Técnico: Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica*. Neilsen, V.; Quesada, M.A. (eds.). Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. CIMAR-CI-TNC. 456 pp.
- Hannah, L.; Midgley, G.F.; Millar, D. 2002. Climate change-integrated conservation strategies. *Global Ecology & Biogeography* 11: 485-495.
- Hannah, L.; Lovejoy, T. (eds.) 2003. Climate Change and Biodiversity: Synergetic Impacts. *Advances Biodiversity Science* (4): 1-123.
- Harley, C.D.G.G.; Hughes, A.R.; Hultgren, K.M.; Miner, B.G.; Sorte, C.J.B.; Thornber, C.S.; Rodriguez, L.F.; Tomanek, L.; Williams, S.L. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters* 9(2): 228–241.
- Harstshorn, G.S. 1992. Possible effects of global warming on the biological diversity in tropical forest. *In: Peters, R.L.; Lovejoy, T.E. (eds.) Global warming and biology diversity*. Yale University Press. New Haven and London. Pp.137-146.
- Herrera, A.; Obando, V. 2008. Estado del conocimiento, conservación y uso de la biodiversidad. En preparación.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional) y CRRH (Comité Regional de Recursos Hidráulicos) 2009. El clima, su variabilidad y cambio climático en Costa Rica. Proyecto Segunda Comunicación Nacional. San José, Costa Rica. 75 p.
- IPCC. 2002. Climate Change and Biodiversity. Technical Paper V. Intergovernmental Panel on Climate Change. WMO – UNEP. 86 p.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.
- Karl, T.R.; Trenberth, K.E. 2003. Modern global climate change. *Science* 302:1719–23.
- Karmalkar, A.V.; Bradley, R.S.; Diaz, H.F. 2008. Climate change scenario for Costa Rican montane forests. *Geophysical Research Letters* 35, L11702, doi:10.1029/2008GL033940
- Lawton, R.O.; Nair, U.S.; Pielke, R.A.; Welch, R.M. 2001. Climatic Impact of Tropical Lowland Deforestation on Nearby Montane Cloud Forests. *Science* 294(5542): 584-587.
- Li, M.H.; Kräuchi, N.; Gao, S.P. 2006. Global Warming: Can Existing Reserves Really Preserve Current Levels of Biological Diversity? *Journal of Integrative Plant Biology* 48 (3): 255-259.
- Lips, K.R. 1998. Decline of a tropical montane amphibian fauna. *Conservation Biology* 12(1): 106-117.
- Lips, K.R.; P.A. Burrowes; J.R. Mendelson III; Parra-Olea, G. 2005. Amphibian declines in Latin America: A síntesis. *Biotropica* 37: 222-226.
- Lovejoy, T.E.; Hannah, L. (eds.) 2005. Climate Change and Biodiversity. Yale University Press. 440p.
- Magrin, G.; García, C.G.; Cruz Choque, D.; Giménez, J.C.; Moreno, A.R.; Nagy, G.J.; Nobre, C.; Villamizar, A. 2007: Latin America. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental

- Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 581-615.
- Malcolm, J.R.; Liu, C.; Neilson, R.P.; Hansen, L.; Hannah, L. 2006. Global Warming and Extinctions of Endemic Species from Biodiversity Hotspots. *Conservation Biology* 20(2): 538-548.
- Malvassi, L.; Alfaro, R.M.; Murillo, W.; Herrera, G. 1986. Evaluación del recurso biológico del manglar de Tivives. Fundación de Parque Nacionales, Programa de Patrimonio Natural de Costa Rica. 48 p.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, 155 pp.
- MINAE. 2000. Estudios de vulnerabilidad ante el cambio climático. Escenarios climáticos para Costa Rica: componente agrícola, componente bosques, componente costero. Instituto Meteorológico Nacional. 238p.
- Miranda, M.; Otoy, M.; Gutiérrez, M. 2005. Revisión de las políticas y medidas de adaptación actuales ante la vulnerabilidad del sistema hídrico al clima actual en el área del proyecto. Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. PNUD-MINAE-IMN. Centro Internacional de Política Económica de la Universidad Nacional (CINPE-UNA). San José, Costa Rica. 84p.
- Nair, U.S., Lawton, R.O.; Welch, R.M.; Pielke, R.A. 2003. Impact of land use on Costa Rican tropical montane cloud forests: Sensitivity of cumulus cloud field characteristics to lowland deforestation, *J. Geophys. Res.*, 108(D7), 4206, doi:10.1029/2001JD001135.
- Navicenovic, N. & R. Swart, 2000. *Special Report on Emissions Scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 599 p.p.
- Nielsen M., V.; Quesada A., M.A. (eds.) 2006. Informe técnico "Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica". Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica: CIMAR-CI-TNC. 219 p.
- Obando C., G.; Sandoval, L.; Chaves C., J.; Villareal O., J.; Alfaro C., W. 2007. Lista oficial de las aves de Costa Rica 2006. *Zeledonia* 11: Número especial.
- Obando, V. 2002. Biodiversidad en Costa Rica: estado del conocimiento y gestión. Editorial INBio. 81 p.
- Obando, V. 2007. Biodiversidad de Costa Rica en cifras. Santo Domingo de Heredia, INBio, Costa Rica. 25 p.
- Olson, D.; Dinerstein, E.; Canevari, P.; Davidson, I.; Castro, G.; Morisset, V., Abell, R.; Toledo, E. (eds.) 1998. *Freshwater biodiversity of Latin America and the Caribbean: A conservation assessment*. Biodiversity Support Program. Washington, D.C.
- ONS/CONAREFI/IBPGR. 1991. Recursos Fitogenéticos en Costa Rica: Conservación *ex situ*. 69 p.
- Parmesan C. 2003. Butterflies as bio-indicators of climate change impacts. *In*: Boggs, C.L.; Watt, W.B.; Ehrlich, P.R. (eds.). *Evolution and Ecology Taking Flight: Butterflies as Model Systems*. Chicago: Univ. Chicago Press. Pp. 541-60.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 37: 637-669.
- Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P. and Co-authors 2007: Technical Summary. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 23-78.
- Peterson, A.T.; Ortega-Huerta, M.A.; Bartley, J.; Sánchez-Cordero, V.; Soberón, J.; Buddemeier, R.H.; Stockwell, D.R.B. 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416: 626-629.
- Pounds, J.A.; Bustamante, R.M.; Coloma, L.A.; Consuegra, J.A.; Fogden, M.P.L.; Foster, P.N.; La Marca, E.; Masters, K.L.; Merino-Viteri, A.; Puschendorf, R.; Ron, S.R.; Sánchez-Azofeifa, G.A.; Still, C.J.; Young, B.E. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439: 165-167.
- Pounds, J.A.; Fogden, M.P.L.; Masters, K.L. 2005. Responses of natural communities to climate change in a highland tropical forest. *In*: *Climate change and biodiversity*. Lovejoy, T.E.; Hannah, L. (eds.). New Haven and London: Yale University Press. pp. 70-74.

- Pounds, J.A.; Fogden, M.P.L.; Campbell, J.H. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398: 611-615.
- Pounds, J.A.; Puschendorf, R. 2004. Cloudy future. *Nature* 427: 107-109.
- Powell, G.V.M.; Bjork, R.D.; Rodriguez S., M.; Barborak, J. 1995. Life Zones at risk, GAP analysis in Costa Rica. *Wild Earth* 5(4): 46-51.
- Powell, G.V.N.; Hamilton DeRosier, D. 1999. Results of project: Altitudinal changes in distribution of resident and migrant birds in Monteverde, Costa Rica as a possible indicator of climate change. *Centro Científico Tropical*. 22 pp.
- PREPAC-OIRSA. 2005. Inventario Regional de Cuerpos de Agua Continentales del Istmo Centroamericano. El Salvador.
- Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (Costa Rica). 2007. Decimotercer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Programa Estado de la Nación, San José, Costa Rica.
- Quesada, M.A. 2006a. Playas. *In*: Informe Técnico: Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica. Neilsen, V.; Quesada, M.A. (eds.). Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. CIMAR-CI-TNC. 456 pp.
- Quesada, M.A. 2006b. Conclusiones y recomendaciones finales. *In* Informe Técnico: Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica. Neilsen, V.; Quesada, M.A. (eds.). Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. CIMAR-CI-TNC. 456 pp.
- Ray, D.K.; Welch, R.M.; Lawton, R.O.; Nair, U.S. 2006. Dry season clouds and rainfall in northern Central America: Implications for the Mesoamerican Biological Corridor Global and Planetary Change 54: 150–162.
- Retana-Barrantes, J.A.; Villalobos-Flores, R.; Campos-Barrantes, M. 2007. Adaptación del sistema hídrico de la zona noroccidental de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica al Cambio Climático. Informe Final. Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. PNUD-MINAE-IMN. Instituto Meteorológico Nacional, Gestión de Desarrollo. San José, Costa Rica. 49p.
- Rojas, M.; Campos, M.; Alpizar, E., Bravo, J.; Córdoba, R. 2003. El Cambio climático y los humedales en Centroamérica: implicaciones de la variación climática para los ecosistemas acuáticos y su manejo en la región. San José, C.R.: UICN. 40p.
- Sader, S.A.; Joyce, A.T. 1988. Deforestation Rates and Trends in Costa Rica, 1940 to 1983. *Biotropica* 20(1): 11-19.
- Sánchez-Azofeifa, G.A.; Harriss, R.C.; Skole, D.L. 2001. Deforestation in Costa Rica: A quantitative analysis using remote sensing imagery. *Biotropica* 33(3): 378-384.
- Savage, J.M. 2002. The amphibians and reptiles of Costa Rica. The University of Chicago Press. Chicago and London. 934 pp.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2003). Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol. Montreal, SCBD. CBD Technical Series no. 10. 154p.
- Sigel, B.J.; Sherry, T.W.; Young, B.E. 2006. Avian community response to lowland tropical rain forest isolation: 40 years of change at La Selva Biological Station, Costa Rica. *Conservation Biology* 20: 111–121.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). 2007a. GRUAS II: Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica. Vol. 1: Análisis de vacíos en la representatividad e integridad de la biodiversidad terrestre. San José, Costa Rica. 90 pp.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). 2007b. GRUAS II: Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica. Vol. 2: Análisis de vacíos en la representatividad e integridad de la biodiversidad de los sistemas de aguas continentales. San José, Costa Rica. 93 pp.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). 2007a. Programa de monitoreo ecológico de las Áreas Protegidas y corredores biológicos de Costa Rica (PROMECCR). Etapa I (2007-2011): Manual de objetivos, indicadores y protocolos. San José, Costa Rica. 28 pp.

- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). 2007b. Programa de monitoreo ecológico de las Áreas Protegidas y corredores biológicos de Costa Rica (PROMECC-CR) Etapa I (2007-2001): Resumen Ejecutivo. San José, Costa Rica. 22 pp.
- Skelly, D.K.; Joseph, L.M.N.; Possingham, H.P.; Freidenburg, L.K.; Farrugia, T.J.; Kinnison, N.T.; Hendry, A.P. 2007. Evolutionary Responses to Climate Change Conservation Biology 21(5): 1353-1355.
- Solórzano, R.; De Camino, R.; Woodward, R.; Tosi, J.; Watson, V.; Vásquez, A.; Villalobos, C.; Jiménez, J.A.; Repetto, R.; Cruz, W. 1991. Accounts Overdue: Natural resource depreciation in Costa Rica. World Resources Institute. Washington D.C. 110 p.
- Soto, G. sin fecha. Pago de servicios ambientales a plantaciones es estratégico. Ambientico. Tomado de: <http://www.una.ac.cr/ambi/Ambien-Tico/123/Soto.htm>
- Swaine, M.D. 1996. Rainfall and soil fertility as factors limiting forest species distribution in Ghana. Journal of Ecology 84: 419-428.
- Ulate Chacón, R.; Villegas Verdú, F. 2007. Proyecto "Autoevaluación de capacidades Nacionales para la Implementación de las Convenciones Globales ambientales" Convención de Cambio Climático, Convención sobre Diversidad Biológica, Convención de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. Informe Final. GEF, PNUD. 198p.
- Vega G., G.; Stolz, E. 1997. El fenómeno de " El Niño" su impacto en la economía de Costa Rica. Folleto informativo. Ministerio del Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional. Departamento de pronósticos. Tomado de http://www.cne.go.cr/CEDO/fenomeno_del_nino.htm
- Welch; R.; Depak K. Ray, Udaysankar S. Nair, Tom Sever and Daniel Irwin. 2005. Impact of deforestation on the proposed mesoamerican biological corridor in central America. 19th Conf on Hydrology, 85th AMS Annual Meeting, 9-13 Jan, 2005, San Diego, CA., USA
- Whitfield, S.M., Bell, K.E., Philippi, T., Sasa, M., Bolaños, F., Chavez, G., Savage, J.M. and Donnelly, M. (2007) Amphibian and reptile declines over 35 years at La Selva, Costa Rica. Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America 104: 8352–8356.
- Wilson, R.J.; Gutierrez, D.; Gutierrez, J. Monserrat, V. 2007. An elevational shift in butterfly species richness and composition accompanying recent climate change. Global Change Biology 13: 1873-1887.
- Zamora, P. 2006. Manglares. *In*: Informe Técnico: Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica. V. Neilsen y M.A. Quesada (eds.). Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. CIMAR-CI-TNC. 456 pp.
- Zeng, J.; Han, Q.; Asefi, S.; Welch, R.M.; Lawton, R.O.; Nair, U.S.; Ray, D.K. 2006. Observations of orographic Cloud Base Heights from satellite and in-situ measurements at the Monteverde Cloud Mist Forest Reserve, Costa Rica. American Meteorological Society Annual Meeting.