



ESTE  
INFORME SE HA  
PRODUCIDO EN  
COLABORACIÓN  
CON

**ZSL**  
LET'S WORK  
FOR WILDLIFE



# CAMBIO CLIMÁTICO: UNA AMENAZA CRECIENTE PARA LA BIODIVERSIDAD

INFORME PLANETA VIVO 2020

## **Equipo Editorial**

Editor Jefe: Rosamunde Almond (WWF-Países Bajos)

Coeditor Jefe: Monique Grooten (WWF-Países Bajos)

Editor Principal: Tanya Petersen

Investigador Adscrito del Informe Planeta Vivo: Sophie Ledger (Sociedad Zoológica de Londres-ZSL)

## **Equipo Directivo**

Presidente: Rebecca Shaw (WWF-International)

Mike Barret (WWF-Reino Unido), João Campari (WWF-Brasil), Winnie De'Ath (WWF-International), Katie Gough (WWF-International), Marieke Hartevelt (WWF-International), Margaret Kuhlow (WWF-International), Lin Li (WWF-Países Bajos), Luis Naranjo (WWF- Colombia) y Kavita Prakash-Marni

## **Líder del capítulo**

Wendy Foden (Parques Nacionales de Sudáfrica-SANParks)

## **Autores**

William Baldwin-Cantello (WWF-International), Monika Böhm (Sociedad Zoológica de Londres-ZSL), Sarah Cornell (Centro de Resiliencia de Estocolmo), Stefanie Deinet (Sociedad Zoológica de Londres-ZSL), Moreno di Marco (CSIRO, Universidad de Queensland), Adrienne Etard (Colegio Universitario de Londres-UCL), Wendy Foden (Parques Nacionales de Sudáfrica-SANParks), Robin Freeman (Sociedad Zoológica de Londres-ZSL), Jaboury Ghazoul (ETH Zúrich), Elizabeth Green (Centro de Monitoreo de la Conservación Mundial del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-PNUMA-CMCM), Mike Harfoot (Centro de Monitoreo de la Conservación Mundial del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-PNUMA-CMCM), Samantha Hill (Centro de Monitoreo de la Conservación Mundial del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-PNUMA-CMCM), Monica Kobayashi (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO), Louise McRae (Sociedad Zoológica de Londres-ZSL), Guy Midgley (Universidad de Stellenbosch), Tim Newbold (Colegio Universitario de Londres-UCL), Henrique Pereira (Universidad Martin Luther), Will Simonson (Centro de Monitoreo de la Conservación Mundial del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-PNUMA-CMCM), Bruce Stein (National Wildlife Federation), Nicola van Wilgen (Parques Nacionales de Sudáfrica-SANParks), Ronald Vargas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO) y Jessica Williams (Colegio Universitario de Londres-UCL)

## **Agradecimientos especiales**

Jennifer Anna (WWF-Estados Unidos), Pablo Pachecho (WWF-International), Kirsten Schuijt (WWF-Países Bajos), Krista Singleton-Cabbage (WWF-International), Chris Weber (WWF-International) y Natascha Zwaal (WWF-Países Bajos)

Foto de carátula: © Global Warming Images / WWF

*Isla de Teafualiku que yace al frente de Funafuti, en Tuvalu*

*El atolón de Funafuti, en Tuvalu, está en el frente de lucha contra el calentamiento global. Al hallarse tan solo 15 pies por encima del nivel del mar en su punto más alto, las elevaciones de las aguas circundantes están poniendo cada vez más en riesgo su población de 10.000 tuvaluanos. Parece probable que esta nación islaña sea el primer país en desaparecer por completo como resultado del cambio climático y el calentamiento global.*

# **CAMBIO CLIMÁTICO: UNA AMENAZA CRECIENTE PARA LA BIODIVERSIDAD**

**INFORME PLANETA VIVO 2020**

# LA AMENAZA CLIMÁTICA CRECIENTE

Adrienne Etard, Jessica J. Williams y Tim Newbold (Colegio Universitario de Londres) y Sarah Cornell (Centro de Resiliencia de Estocolmo)

Están ocurriendo cambios ambientales a escala global. Sabemos que los factores que afectan a la biodiversidad terrestre no son hechos aislados y que sus interacciones pueden multiplicar el impacto de estos cambios. El cambio climático en particular tiene el potencial de interactuar con muchos otros impulsores de cambios. Lo que estamos empezando a comprender, aunque todavía requiere mucha atención, es de qué manera los impulsores de cambio de la biodiversidad están interactuando y en qué lugares estas interacciones tendrán sus mayores impactos negativos sobre la naturaleza.

Cuando dos o más presiones ocurren simultáneamente, sus efectos pueden acumularse y, potencialmente, interactuar. Las interacciones sinérgicas, durante las cuales el impacto combinado de dos impulsores de pérdida de biodiversidad es mayor que los impactos de su acción aislada son las más preocupantes. La rápida aceleración del cambio climático global ha conducido a un temor creciente de que ésta interactúe de forma sinérgica con el cambio en el uso de suelos. Por ejemplo, el cambio en el uso de suelos puede conducir a la fragmentación de hábitats, lo cual hace más difícil el desplazamiento de algunas especies a medida que cambia el clima<sup>1,2</sup>. Adicionalmente, cambios en el uso de los suelos pueden tener como resultado el surgimiento de cambios en condiciones climáticas locales. Dentro de los paisajes agrícolas, las áreas de cultivo tienden a ser más calientes y secas que las áreas circundantes<sup>3</sup>. Esto puede conducir a que la biodiversidad tenga que enfrentarse a cambios mayores en regímenes de temperatura y precipitación en comparación con aquellos que produciría la tendencia global del cambio climático por sí sola<sup>4</sup>. Otras formas en que el cambio climático y el uso de suelos interactúan son examinadas más detalladamente en la próxima sección y en la Figura 1.

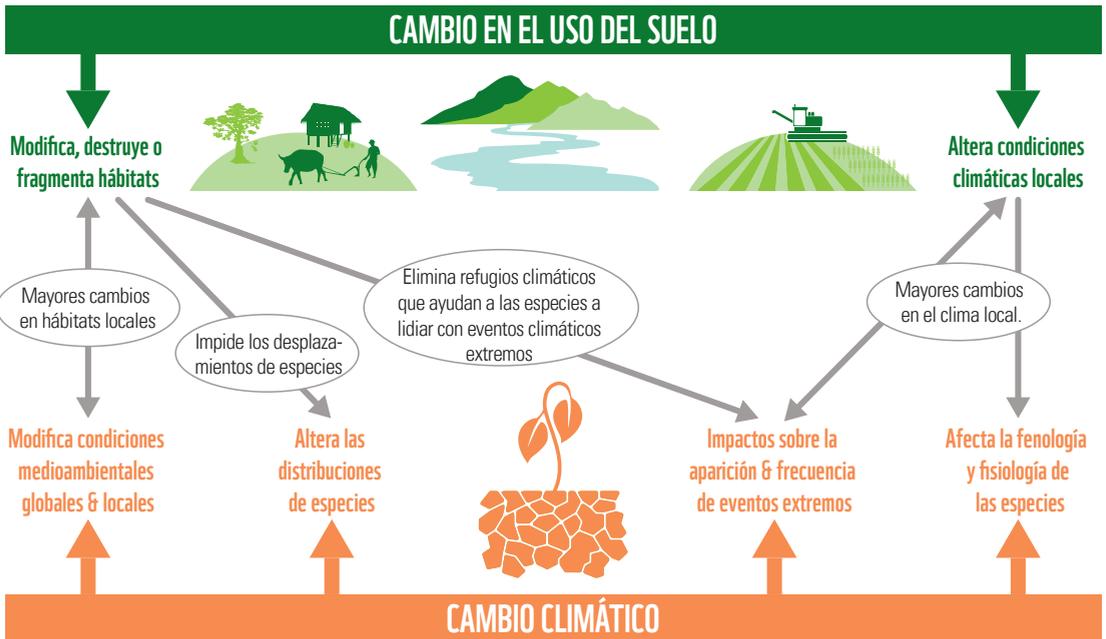
A medida que nuestros sistemas naturales comienzan a transformarse, hallar las raíces del cambio requiere más que la mera identificación de impulsores tales como el cambio climático. Esta situación también nos obliga a evaluar cómo interactúan estos impulsores y los efectos en cascada que se puedan producir a lo largo de escalas globales, regionales y locales. Comprender cómo y dónde es probable que impacten a la biodiversidad global será de importancia clave a la hora de crear un mundo donde tanto las personas como la naturaleza puedan florecer.

## **Figura 1:**

*Ejemplos de cómo el cambio climático y del uso de suelos pueden interactuar de manera sinérgica<sup>2,4</sup>. Los círculos grises señalan los mecanismos mediante los cuales una presión puede afectar el impacto de otra y conducir a impactos mayores sobre la biodiversidad de aquellos que ésta tendría que soportar si estas presiones actuaran independientemente.*



Las hojas verdes de un cultivo inmenso de soya (*Glycine max*) parecen extenderse hasta el horizonte, Rondonópolis, Brasil.



# UN DOBLE PROBLEMA: EL CAMBIO EN EL USO DE SUELOS UNIDO AL CAMBIO CLIMÁTICO, UN RETO CRECIENTE

El cambio climático es una amenaza creciente a la naturaleza. Análisis recientes demuestran que, en el caso de todos los indicadores de biodiversidad evaluados, el efecto combinado del cambio climático y del cambio en el uso de suelos es mucho peor que el que produciría el cambio de suelos por sí solo.

Moreno Di Marco (Universidad Sapienza de Roma), Henrique Pereira (Universidad Martin Luther, German Centre for Integrative Biodiversity Research – iDiv) y David Leclère (IIASA)

La sobreexplotación de recursos naturales y los cambios no sostenibles del uso de suelos fueron los impulsores predominantes de la pérdida global de biodiversidad en el siglo XX<sup>5</sup>. El cambio en el uso de suelos, en particular, afecta cada aspecto de la biodiversidad terrestre y amenaza con conducir a la pérdida de especies a un nivel al cual es posible que funciones planetarias esenciales se vean comprometidas<sup>6</sup>. Se estima que miles de especies han decaído o desaparecido desde 1900 debido al impacto del cambio en el uso de suelos <sup>7</sup>.

Establecer relaciones cuantitativas entre el cambio en el uso de suelos y el deterioro observado de la biodiversidad ha permitido a la ciencia hacer predicciones sobre el impacto biológico global del cambio del uso de suelos desde el pasado hacia el futuro<sup>8</sup>. Adicionalmente, mediante la generación de conocimiento sobre el impacto potencial del uso de suelos sobre la biodiversidad, la comunidad científica ha desarrollado escenarios de desarrollo socioeconómico sostenible que son compatibles con los compromisos internacionales en torno a la detención del declive de la biodiversidad<sup>9</sup>. Esto demuestra que es posible satisfacer las demandas esenciales de los seres humanos asociadas al uso de suelos y preservar la biodiversidad de nuestro planeta al mismo tiempo.

Sin embargo, se estima que el cambio climático afectará drásticamente todos los aspectos de la vida en la Tierra, desde

los relacionados con los sistemas humanos hasta aquellos que corresponden a los sistemas naturales<sup>10</sup>. La tasa actual de cambio climático no tiene precedentes en los milenios recientes<sup>11</sup>; su velocidad podría superar la del cambio del uso de suelos<sup>12,13</sup>. Esto entraña una amenaza crucial a la biodiversidad, ya que el cambio climático es un conocido impulsor del declive de la abundancia de especies<sup>14</sup>.

El grupo de expertos sobre escenarios y modelos de la Plataforma Intergubernamental sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES, por sus siglas en inglés) utilizó un conjunto representativo de modelos de servicios ecosistémicos y de biodiversidad para poner a prueba escenarios de cambio climático y de uso de suelos<sup>15</sup>. El análisis demostró que, para 2050, el efecto combinado del cambio climático y en el uso de suelos sobre todos los indicadores de biodiversidad evaluados, sería mucho peor que el ocasionado aisladamente por el cambio en el uso de suelos. Esto se presenta especialmente en escenarios de altas emisiones de carbono, como ya se había determinado en trabajos basados en indicadores individuales de biodiversidad<sup>16,17</sup>. En cuanto a los servicios ecosistémicos, se halló que habría un crecimiento generalizado de servicios tales como la producción de alimentos y un decrecimiento generalizado de aquellos como la resiliencia costera, los cuales se deterioran rápidamente bajo condiciones de uso intensivo de combustibles fósiles o un alto nivel de cambio en el uso de suelos<sup>17</sup>.

Es importante dejar en claro que estas predicciones no carecen de incertidumbres. En primer lugar, la magnitud anticipada de los efectos del clima en comparación con la del cambio en el uso de suelos depende de las condiciones estipuladas para cada escenario. Éstas representan situaciones futuras que son meramente probables, ya que las decisiones que tomarán las sociedades no pueden predecirse claramente. En segundo lugar, aunque existe

una gran cantidad de evidencia en torno al efecto directo del cambio en el uso de suelos sobre la biodiversidad, se conoce menos acerca del impacto del cambio climático y la adaptabilidad de las especies a nuevas condiciones climáticas (esto es, diferentes de las condiciones presentes). No obstante, estos resultados comportan una importante advertencia de acuerdo con la cual las acciones que tienen en cuenta únicamente el cambio en el uso de suelos pueden no ser suficientes para detener el declive futuro de la biodiversidad, lo cual podría poner en peligro de extinción a cientos de miles de especies<sup>18</sup>.

La mitigación de cambios climáticos futuros será, por tanto, clave a la hora de reducir la pérdida de la biodiversidad. Sin embargo, algunas soluciones propuestas con el fin de alcanzar metas de mitigación de cambio climático, fijadas por el Acuerdo de París, podrían hacer correr grandes riesgos a los ecosistemas. Por ejemplo, la implementación masiva de plantaciones forestales intensivas con fines bioenergéticos y de reforestación, la cual conduciría a la captura y el secuestro de carbono, podría multiplicar significativamente las amenazas a la biodiversidad a través de la alteración de las estructuras naturales de los ecosistemas<sup>19,20</sup>.

Por el contrario, la conservación y la restauración de ecosistemas claves podría proporcionar soluciones de mitigación climática ambiciosa basadas en la naturaleza<sup>21</sup>. Este tipo de alternativa también contribuye a la conservación de la biodiversidad<sup>22</sup>. Todo esto demuestra que hacer retroceder el declive de la biodiversidad requerirá contribuciones cuidadosamente diseñadas, desde la perspectiva del manejo de suelos, a la mitigación climática ambiciosa<sup>23</sup> y que una integración más estrecha entre los objetivos de conservación de la biodiversidad y los climáticos es un prerrequisito de la labor de revertir la curva de la pérdida de la biodiversidad.

# El mundo secreto que yace bajo nuestros pies: algunas de sus sorprendentes conexiones con el clima

Monica Kobayashi y Ronald Vargas (FAO/GSP)

La adopción de nuevas tecnologías nos ha permitido reconocer, en años recientes, que los epicentros de la biodiversidad hallada sobre la superficie terrestre y aquella que habita regiones subterráneas no siempre se encuentran en el mismo sitio<sup>24</sup>. Esto significa que las medidas de protección de la biodiversidad terrestre no necesariamente permitirán conservar la biodiversidad de los suelos. La distribución de la biodiversidad terrestre es moldeada principalmente por condiciones climáticas (el nivel de biodiversidad incrementa a medida que se pasa de los polos a los trópicos), mientras que la distribución de la biota de los suelos está gobernada por otros impulsores claves, tales como las características de los suelos<sup>25</sup> y patrones biogeográficos<sup>26, 27</sup>.

Cameron et al. han señalado las zonas planetarias de divergencia entre la biodiversidad de los suelos y la de superficie<sup>24</sup>. Entre sus hallazgos está el hecho de que, aunque los bosques templados cuentan frecuentemente con un alto nivel de biodiversidad superficial, tienen un bajo nivel de biodiversidad de suelos, mientras que los bosques de tundra están sujetos a tendencias opuestas<sup>28,24,29</sup>. Asimismo, determinaron que, en contraste con patrones de superficie, las más grandes reservas subterráneas de carbono y de diversidad microbiana de suelos se hallan a bajas temperaturas<sup>24</sup>. Las actividades de los microorganismos en combinación con las condiciones medioambientales conducen o a la absorción de carbono por parte de los suelos o a la emisión de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, la influencia de la biota del suelo sobre el cambio climático no debe subestimarse.

Marcio Oliveira Santos, propietario de una granja, siembra una plántula, Socorro, São Paulo, Brasil.





© Adriano Gambarini / WWF-Estados Unidos

# Bajo el dosel: un Índice Planeta Vivo asociado a las especies especialistas de bosque

Un nuevo indicador desarrollado con el fin de mejorar las evaluaciones de biodiversidad forestal demuestra que la abundancia de animales de bosque se ha reducido a menos de la mitad, en promedio, desde 1970. Debido a que éstos frecuentemente cumplen con funciones ecosistémicas cruciales, tales como la polinización, la dispersión de semillas y la herbivoría, su pérdida puede tener efectos dominó sobre la regeneración forestal y el almacenamiento de carbono, los cuales son claves a la hora de combatir el cambio climático.

Louise McRae y Robin Freeman (ZSL), Elizabeth Green, Samantha Hill, Mike Harfoot y Will Simonson (PNUMA-CMCM) y William Baldwin-Cantello (WWF)

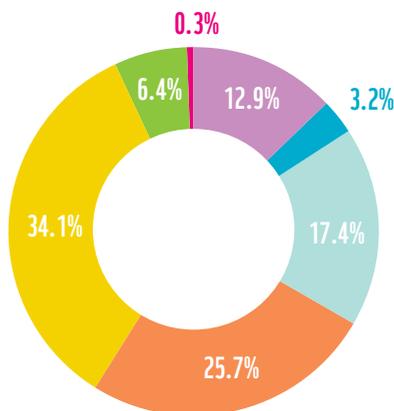
La deforestación debida a la conversión de suelos con fines agrícolas es una de las causas principales del cambio en el uso de suelos<sup>30</sup>. Esta pérdida de hábitats, a su vez, es la causa principal del declive de la abundancia de especies<sup>31</sup>. Por ende, esperaríamos hallar declives en la abundancia de especies que habitan bosques donde sea que hayan sido alterados hábitats forestales – sin embargo, un estudio reciente determinó que la relación entre la cobertura arbórea y las tendencias poblacionales de las especies forestales no es tan sencilla como parece<sup>32, 33</sup>. Por ejemplo, algunos bosques pueden dar la impresión de estar intactos, pero carecen de vida silvestre debido a otras amenazas, tales como la caza excesiva<sup>34</sup>.

Ya que la transformación de las áreas forestales no siempre corresponde a las tendencias observadas por debajo del dosel, se requiere una medida complementaria enfocada en la vida silvestre. Empleando datos del IPV, podemos monitorear cambios en el tamaño de la población de especies especialistas de bosque y también mostrar que pueden ser afectadas por amenazas diversas (Figura 2).

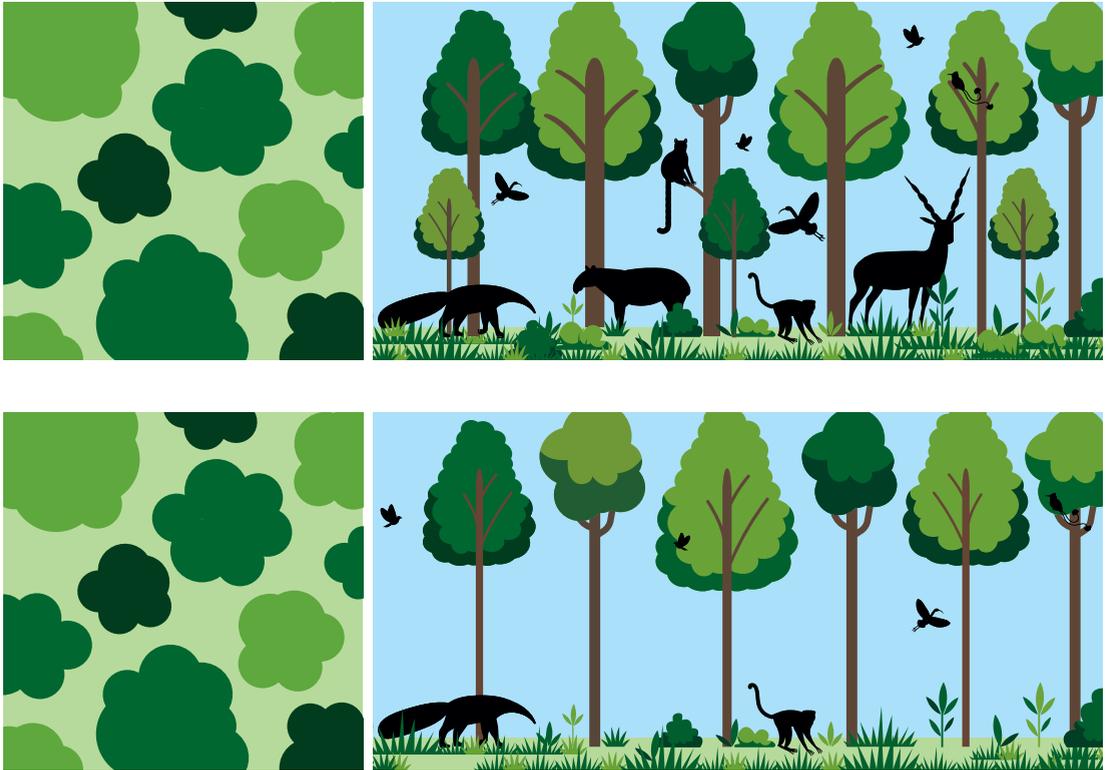
La tendencia global asociada a 455 poblaciones monitoreadas de 268 especies de aves, mamíferos, reptiles y anfibios que solamente viven en bosques denota un declive promedio del 53% de los niveles de población (margen: -70% a -27%) ocurrido entre 1970 y 2014 (Figura 4).

## Clave

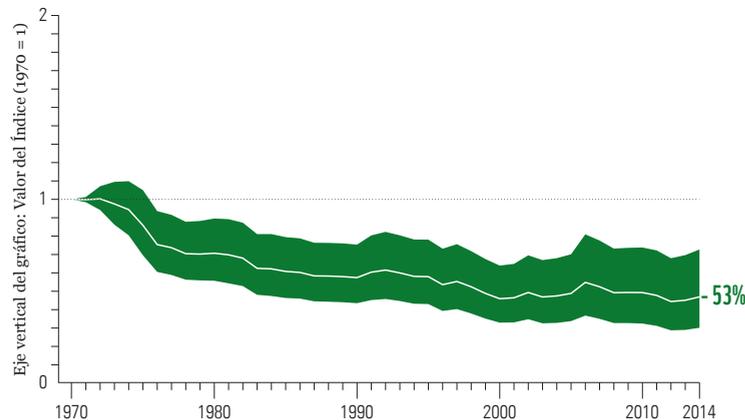
- Cambio climático
- Enfermedades
- Explotación
- Degradación/cambio de hábitats
- Pérdida de hábitats
- Especies/genes invasores
- Contaminación



**Figura 2:** Tipos de amenazas expresadas como porcentajes de todas las amenazas a especies especialistas de bosque, basados en información relativa a niveles poblacionales contenida en la base de datos del Índice Planeta Vivo<sup>35</sup>. Figura tomada de Green, E. et al. (2019)<sup>32</sup>.



**Figura 3:**  
 La importancia de mirar bajo el dosel. Desde arriba, ambos bosques parecen intactos, ya que cuentan con una cobertura forestal completa. Al mirar bajo el dosel, se pueden identificar cambios en las comunidades faunísticas; a largo plazo, la pérdida de vertebrados de gran tamaño corporal puede conducir a una reducción en la cantidad de árboles con una alta densidad de carbono. La Figura es tomada de Green, E. et al. (2019)<sup>32</sup>.



**Figura 4:**  
**El Índice de Especialistas Forestales: 1970 a 2014**  
 La abundancia promedio de 455 poblaciones de 268 especies especialistas de bosque monitoreadas alrededor del mundo decreció, en promedio, en un 53%<sup>32, 33</sup>. La línea blanca señala los valores del índice y las áreas sombreadas representan el grado de certeza estadística que acompaña a la tendencia (margen -70% a -27%). Tomado de WWF/ZSL (2020)<sup>35</sup>.

**Clave**

- Índice de Especialistas Forestales Planeta Vivo
- Límites de fiabilidad

# RIESGOS CLIMÁTICOS QUE CORRE LA BIODIVERSIDAD

Hasta una quinta parte de las especies silvestres corre el riesgo de extinguirse en este siglo tan solo debido al cambio climático e incluso si se realizan esfuerzos de mitigación significativos. Se espera que algunas de las más altas tasas de pérdida afecten epicentros de biodiversidad.

Guy Midgley  
(Universidad de Stellenbosch)

Las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por el consumo de combustibles fósiles con fines de generación de energía y transporte, y el cambio en la utilización y la cobertura de suelos, ya son responsables por alrededor del 1°C del calentamiento en las capas inferiores de la atmósfera ocurrido a partir de la revolución industrial<sup>36</sup>. Las aguas superficiales del océano también se han calentado significativamente, al absorber casi el 90% de todo el calentamiento adicional causado por estas actividades a partir de los años setenta del siglo XX<sup>37</sup>. Estos cambios, tomados en conjunto, han influenciado los patrones del clima alrededor del mundo<sup>38</sup>, tendiendo, en consecuencia, a elevar la intensidad y la frecuencia de olas de calor e inundaciones extremas, a prolongar las sequías y a empeorar las condiciones que conducen a los incendios forestales.

El nivel creciente de CO<sub>2</sub> atmosférico también está causando y cambios ecológicos. La acidificación del océano ha resultado en una caída del pH de 0,1 unidades<sup>39</sup>, lo cual tiene el potencial de causar efectos adversos entre los organismos productores de conchas, tales como los moluscos, los crustáceos, los equinodermos y los corales, y comunidades de plancton calcáreo<sup>40</sup>. Se ha demostrado que los efectos combinados del calentamiento y la acidificación entre estos organismos debilitan e incluso hacen colapsar redes alimentarias marinas<sup>41</sup>. Sobre la superficie terrestre, los niveles crecientes de CO<sub>2</sub> atmosférico han agudizado la absorción vegetal de carbono mediante fotosíntesis (un efecto conocido como fertilización por CO<sub>2</sub>)<sup>42</sup>. Se estima que este servicio ecosistémico vital es responsable por la captación de alrededor del 30% de emisiones al año y, por ende, que ha mitigado significativamente la tasa de calentamiento global antropogénico<sup>43</sup>.

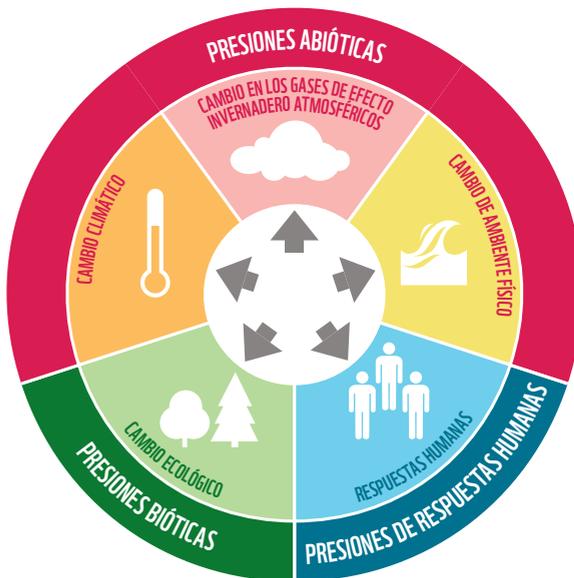
Hay una gran certeza de que cambio climático ya está afectando especies, comunidades y ecosistemas a nivel global<sup>45</sup>. Recientemente, el IPBES evaluó los riesgos asociados al cambio climático en el marco de múltiples riesgos, y determinó que el cambio climático está reduciendo las áreas de incidencia geográfica de casi el 50% de los mamíferos terrestres incapaces de volar y el 25% de aves categorizadas como “amenazadas” debido a otros impactos humanos adversos<sup>18</sup>. De manera independiente, evidencia basada en la observación demuestra claramente que las especies, comunidades y ecosistemas han empezado a responder al cambio climático a lo largo de las últimas décadas<sup>47</sup>.

Tan solo los pronósticos para 2100 del riesgo de extinción debida al cambio climático, hechos asumiendo la implementación de políticas

creíbles de mitigación, han calculado la pérdida de hasta el 20% de las especies silvestres terrestres. Los riesgos a escala local pueden arrojar cifras mayores (hasta alrededor del 40% de pérdida de especies endémicas) dependiendo de los tipos de ecosistema y de las tasas de endemismo<sup>48</sup>.

Los estudios de riesgos climáticos que afectan a la biodiversidad pueden haber estado sesgados hacia áreas de alta endemidad y riqueza de especies<sup>49</sup>. Áreas de esta naturaleza bien podrían ser más vulnerables a la pérdida de biodiversidad debida al cambio climático, ya que es menos probable que las especies raras, que cuentan con distribuciones geográficas limitadas, modifiquen estas distribuciones de manera exitosa<sup>50</sup>. Los epicentros de biodiversidad en tierra, y en los océanos, también parecen estar concentrados en regiones que han dado cuenta de una alta estabilidad climática por varios millones de años, lo cual sugiere que pueden estar particularmente amenazadas por un veloz cambio climático antropogénico. Es más, se ha anticipado que algunas de las más altas tasas de pérdida de la biodiversidad debida al cambio climático se darán en epicentros de biodiversidad<sup>51, 52</sup>.

Modelaciones recientes han predicho que los efectos adversos del cambio climático sobre comunidades ecológicas y ecosistemas podrían ser abruptos, dado que las condiciones climáticas cambiantes sobrepasarán los umbrales de tolerancia de la mayoría de las especies de una comunidad más o menos simultáneamente. Se podrían alcanzar umbrales abruptos en los océanos tropicales en el espacio de una década bajo un escenario de altas emisiones (trayectoria de concentración representativa 8.5), lo cual se extendería a los bosques tropicales y alcanzaría latitudes superiores a mitad de siglo. Hasta el 15% de las comunidades ecológicas estarían expuestas a este umbral si el calentamiento global excede los 4°C, aunque menos del 2% de éstas se vería afectado si el calentamiento global se mantiene por debajo de los 2°C<sup>53</sup>.



**Figura 5:**

Las presiones sobre la biodiversidad impulsadas por el cambio climático. Se señalan aquellas que se originan en respuestas abióticas (físicas), bióticas (componentes vivos de los ecosistemas) y humanas (Figura tomada de y modificada a partir de Foden, W.B. et al. (2018)<sup>44</sup>).

#### Ejemplos

##### Cambios en:

Dióxido de carbono  
Metano  
Óxido nítrico  
Vapor de agua

##### Cambios en:

Corrientes de oxígeno  
Acidez oceánica  
Nivel del mar  
Extensión glacial  
Marejadas  
Frecuencia de Incendios

##### Cambios en:

El uso de los suelos, por ejemplo, agricultura  
Emisiones de gases de efecto invernadero  
Infraestructura material, por ejemplo, represas  
Amenazas presentes, por ejemplo, cosechas excesivas

##### Cambios en:

La composición de las comunidades  
Transición de tipo de ecología

##### Cambios en:

Frecuencia de sequías  
Temperaturas  
Precipitación  
Climas extremos  
Estacionalidad

# PÉRDIDA DE ESPECIES Y EXTINCIÓN VISTAS A TRAVÉS DE UNA LENTE CLIMÁTICA

Hace treinta años, los impactos del cambio climático sobre las especies de seres vivos eran extremadamente raros, pero hoy en día son un fenómeno común y corriente. Impactos del cambio climático sobre los zorros voladores y *Melomys rubicola* demuestran a qué velocidad éste puede conducir a declives poblacionales drásticos y nos advierten sobre el daño invisible que se le puede estar haciendo a especies menos conspicuas.

Wendy Foden y Nicola van Wilgen  
(Parques Nacionales de Sudáfrica)

El descubrimiento, hecho en 1999, del desplazamiento de la distribución de la mariposa *Euphydryas editha* hacia los polos y mayores elevaciones marcó el primer impacto documentado del cambio climático sobre la naturaleza<sup>54</sup>. Solo dos décadas después, los impactos del cambio climático se hacen sentir en todas partes e incluyen la extinción de *Melomys rubicola*<sup>55,56</sup>, una especie de pequeños roedores australianos, y la muerte masiva de decenas de miles de zorros voladores ocurrida durante una sola oleada de calor. Al menos el 83% de los procesos biológicos han sido impactados por el cambio climático a escalas que van desde los ámbitos de los genes y las poblaciones a los de las especies, los ecosistemas y los servicios que prestan a los seres humanos<sup>10</sup>. Estos impactos pueden abarcar biomas terrestres, de agua dulce y marinos.

Algunas especies están relativamente protegidas ante los cambios (por ejemplo, los peces de aguas profundas), pero otras (por ejemplo, las especies árticas y de tundra) ya se están enfrentando a presiones enormes ocasionadas por el cambio climático. Tales presiones actúan a través de diversos mecanismos, incluyendo estrés fisiológico directo, la pérdida de hábitats adecuados, las perturbaciones de interacciones entre especies (tales como la polinización o interacciones entre depredadores y presas), y la sincronización de eventos vitales claves (tales como la migración, la reproducción o el brote de hojas) (Figura 6)<sup>44</sup>.

Cada mecanismo de impacto puede tener efectos negativos, positivos o una combinación de ambos sobre la supervivencia de las especies. Algunas especies tienen caracteres biológicos e historias de vida que pueden hacerlas menos sensibles a y mejor capacitadas para soportarlos<sup>57</sup>.

Otras tienen la capacidad de adaptarse dispersándose a áreas más adecuadas (es decir, mediante cambios de distribución), cambiando la expresión de genes o evolucionando rápidamente<sup>44</sup>. En última instancia, estas presiones, mecanismos y características interactúan con las presiones tradicionales que operan sobre estos seres en formas únicas y algunas veces inesperadas para determinar el destino de cada especie.

Cada ser vivo que se halla sobre la tierra en este momento ha sobrevivido a un concurso competitivo, traicionero y arduo de selección natural que se ha prolongado durante milenios. La extinción de *Melomys rubicola* señala el trágico fin de un linaje evolutivo determinado y demuestra qué tan drástica e imprevistamente puede actuar el cambio climático. Es evidente que se necesitan urgentemente acciones que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y faciliten la adaptación de la biodiversidad. Es también evidente que éstas son de importancia vital para la supervivencia de la naturaleza.



**Figura 6: Especies expuestas a presiones ocasionadas por el cambio climático pueden resultar impactadas mediante cinco mecanismos en formas positivas, negativas o mixtas**

La sensibilidad de cada especie y su capacidad adaptativa a estos impactos está influenciada por sus caracteres biológicos únicos y su historia de vida. En conjunto, esta mezcla de presiones, mecanismos, sensibilidades y capacidades adaptativas afectan la vulnerabilidad de cada especie a la extinción. (Figura adaptada a partir de Foden et al. (2018)<sup>44</sup>).

# La primera extinción de un mamífero causada por el cambio climático



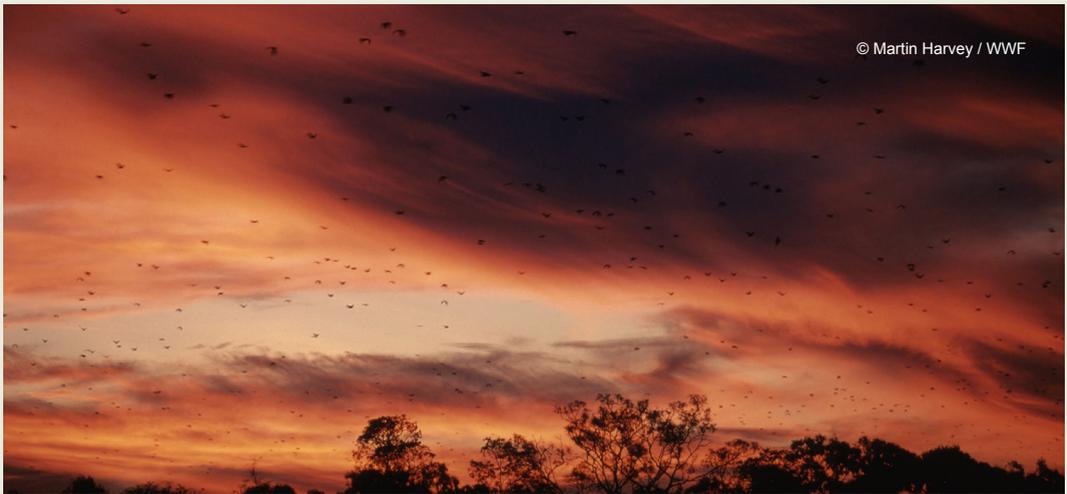
*Melomys rubicola*, el primer mamífero en extinguirse debido al cambio climático antropogénico, Bramble Cay, Islas del estrecho de Torres, Australia.

Los *Melomys rubicola* de Bramble Cay figuraron en primera plana en el 2016 cuando se declararon extinguidos de acuerdo con estudios intensivos del cayo coralino de cinco hectáreas, ubicado en el estrecho de Torres, en Australia, que albergaba a la especie. Se trata de la primera extinción de mamíferos vinculada al cambio climático<sup>56</sup>. La población había disminuido de varios centenares de individuos en los años setenta del siglo XX a alrededor de 90 para los años noventa tardíos de este, seguramente a raíz de una caída de la cobertura vegetal y muertes individuales causadas por marejadas. Cambios en la fuerza de los vientos y elevaciones del nivel del mar, ambos ligados al cambio climático, han tenido por resultado el incremento en la intensidad y frecuencia de marejadas. Los impactos locales de estos cambios hicieron que, para 2014, no quedara casi nada de cobertura vegetal o recursos alimenticios asociados a ésta sobre la pequeña isla<sup>56</sup>. Este roedor se ha perdido. Ha sido inmortalizado, no obstante, como un crudo recordatorio de que el momento de actuar frente al cambio climático es ahora<sup>58</sup>.

# Suben las temperaturas, caen los murciélagos

El estado de los zorros voladores (género *Pteropus*) ha sido por mucho tiempo un motivo de preocupación para el conservacionismo debido a su persecución y a muertes masivas ocurridas en medio de ciclones<sup>59</sup>. Pero una nueva amenaza severa está emergiendo: estos murciélagos no tienen la capacidad fisiológica de tolerar temperaturas por encima de los 42°C<sup>60</sup>. A estas temperaturas, sus comportamientos habituales de adaptación – tales como la búsqueda de sombra, la hiperventilación y el esparcimiento de saliva sobre sus cuerpos (son incapaces de sudar) – no son suficientes para mantenerlos frescos y, en consecuencia, se ven impulsados a reunirse en grandes concentraciones, en medio de una carrera desesperada por escapar al calor. A medida que caen de los árboles, muchos se lastiman o terminan aprisionados y mueren. Entre 1994 y 2007, se cree que más de 30.000 zorros voladores de al menos dos especies, pertenecientes a una población global de menos de 100.000 individuos, han perecido durante oleadas de calor<sup>60</sup>. En 2018, en el estado australiano de Queensland, se estima que una sola oleada de calor acabó con la vida de un tercio de la población global de zorros voladores de anteojos<sup>61</sup>.

Ya que las hembras en período de lactancia tienen mayores requerimientos asociados a la termorregulación que en otros momentos de su ciclo vital, y que los cachorros son altamente susceptibles a las altas temperaturas, las oleadas de calor a comienzos del verano resultan particularmente devastadoras. Los zorros voladores también dan cuenta de los complejos retos evolutivos impuestos por el cambio climático. Una especie, *Pteropus alecto*, ha expandido su distribución hacia el sur, seguramente en repuesta a la disminución de la frecuencia de heladas invernales. No obstante, esta especie es particularmente intolerante a las oleadas de calor y, por ende, se enfrenta a una amenaza mucho más grande en su nuevo territorio, donde éstas son mucho más comunes. La comunidad científica ha recomendado que los zorros voladores sirvan de advertencia<sup>62</sup>. Su tendencia a reproducirse en colonias permite que sus muertes masivas sean fáciles de observar; todos hemos visto las imágenes dramáticas de carretas llenas de murciélagos muertos. Pero ¿qué está sucediendo con las especies que tienen vidas solitarias y escondidas?



© Martin Harvey / WWF

Una colonia de zorros voladores de anteojos (*Pteropus conspicillatus*) emergiendo de sus nidos al atardecer en Australia. Los zorros voladores se reproducen en masa, lo cual hace que la detección de los impactos de eventos extremos que los afectan sea más fácil que en el caso de especies solitarias.

# Cambio climático acelerado impulsa caídas en niveles poblacionales: la investigación de tendencias asociadas al Índice Planeta Vivo entre aves y mamíferos

El calentamiento climático acelerado está ligado a las caídas más fuertes en los niveles poblacionales de aves y mamíferos terrestres.

Robin Freeman  
(ZSL)

La comprensión de los procesos que impulsan las tendencias poblacionales contempladas por el Índice Planeta Vivo es de importancia crítica a la hora de enfocar esfuerzos de conservación. Las poblaciones de vida silvestre se enfrentan a una combinación persistente de amenazas antropogénicas entre las cuales se incluye la pérdida y degradación de hábitats y el cambio climático.

Un estudio reciente realizado por Spooner, F.E.B. et al. (2018)<sup>63</sup> comparó las tendencias poblacionales de 981 poblaciones de 480 especies de aves y mamíferos terrestres incluidas en el Índice Planeta Vivo con tasas de calentamiento climático y cambios en el uso antropogénico de suelos (agricultura, urbanización). Se halló que la tasa de calentamiento climático tenía un efecto mucho más fuerte de lo esperado. En lugares donde las temperaturas promedio habían incrementado más rápidamente, se determinó que la abundancia poblacional estaba decayendo más que en otros lugares. Esto resultó ser válido especialmente en el caso de poblaciones de aves, las cuales pueden ser comparativamente más sensibles a los tiempos de los ciclos anuales de temperaturas que puedan proporcionarles condiciones óptimas de reproducción y migración. Comprender cómo la tasa de calentamiento climático podría interactuar con otras amenazas, tales como el cambio en el uso de suelos y la degradación de hábitats, es de importancia crítica cuando se trata de identificar aquellas poblaciones de especies que son las más vulnerables a estos impactos y que podrían beneficiarse más de los esfuerzos de protección y conservación.

Una aguja colinegra (*Limosa limosa*) con plumaje de invierno, Ranthambhore, Rajasthan.





# Tendencias y amenazas para los reptiles en un mundo cada vez más cálido

Un incremento reciente en el trabajo de investigación sobre reptiles ha revelado tanto que una de cada cinco especies corre el peligro de extinguirse como que sus tendencias poblacionales han sufrido un declive de más del 30% desde 1970. Las amenazas más comunes son culpables de esta situación; pero a las preocupaciones en torno a éstas se ha añadido la consternación por el hecho de que muchas especies de reptiles son vulnerables al cambio climático, lo cual podría exacerbar las presiones que enfrentarán en el futuro cercano.

Monika Böhm y  
Louise McRae  
(ZSL)

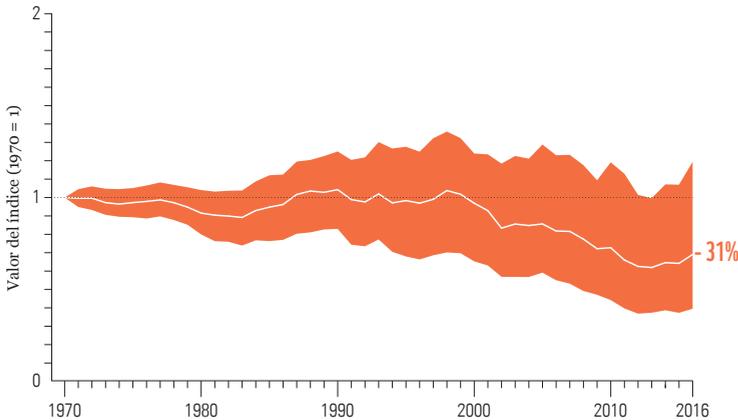
Los reptiles conforman el grupo de vertebrados terrestres con mayor abundancia de especies después del de las aves, con más de 11.000 especies descritas<sup>64</sup>. Aunque generalmente se hayan pasado por alto en las agendas de conservación hasta hace poco, esta situación se ha comenzado a estabilizar a lo largo de la última década por estudios que subrayan el estatus y las tendencias que afectan a los reptiles, así como las amenazas que tienen que enfrentar alrededor del planeta.

Los reptiles juegan papeles claves en nuestros ecosistemas en calidad de, por ejemplo, depredadores, presas, herbívoros y dispersores de semillas, pero tan solo hasta hace relativamente poco han figurado en el mundo de la conservación. Durante la última década, se ha realizado un trabajo extenso de evaluación del estatus de conservación de los reptiles a nivel global y regional<sup>65-69</sup>, trazado del mapa de su distribución global<sup>70</sup>, identificación de las especies más distintivas y amenazadas en términos filogenéticos<sup>71</sup>, e investigación de su vulnerabilidad, a largo plazo, al cambio climático<sup>72</sup>. Esto significa que, por primera vez, podemos medir el impacto de las presiones humanas sobre los reptiles a nivel global. Hasta la fecha, se ha podido sopesar el riesgo de extinción del 70% de las especies de reptiles descritas para la Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN, con 18% de éstas catalogadas oficialmente como amenazadas<sup>73</sup>.

El IPV de los reptiles, el primer análisis profundo de un grupo taxonómico que haga uso del IPV, nos proporciona una valoración inicial de las tendencias poblacionales globales de los reptiles<sup>74</sup>. Los últimos resultados, a los cuales se han añadido nuevos datos, dan cuenta de un declive promedio del 31% de 672 poblaciones monitoreadas, a las que corresponden 227 especies, ocurrido entre 1970 y 2016 (Figura 7). Las principales amenazas identificadas a estas poblaciones son el cambio en el uso de los suelos y la sobreexplotación, pero alrededor del 10% de las poblaciones están siendo amenazadas por el cambio climático, la contaminación o especies invasoras. Mirando hacia el futuro, se podría observar un cambio en la prevalencia de estas amenazas, ya que evaluaciones preliminares de la vulnerabilidad al cambio climático de los reptiles han clasificado a un 80% de las especies como altamente sensibles a los cambios de temperatura predichos<sup>72</sup>.

**Figura 7: El Índice Planeta Vivo correspondiente a los reptiles: 1970 a 2016**

La abundancia promedio de 672 poblaciones representativas de 227 especies y monitoreadas a lo largo y ancho del planeta decreció en un 31%. La línea blanca representa los valores del índice y las áreas sombreadas representan la certeza estadística que acompaña la tendencia (margen -61% a +19%). Tomada de WWF/ZSL (2020) 35. Todavía se hallan relativamente pocos datos relacionados con reptiles en la base de datos del Planeta Vivo en comparación con datos relativos a aves, mamíferos y peces, y la información disponible está sesgada hacia grupos muy conocidos, como cocodrilos y tortugas<sup>74</sup>.



Clave

- Índice Planeta Vivo correspondiente a reptiles
- Límites de confianza

Aunque frecuentemente consideramos a los reptiles como animales ligados a hábitats extremos, tales como los desiertos, muchas especies son altamente especializadas en cuanto a su utilización de hábitats y las condiciones climáticas que requieren para su funcionamiento diario. En muchos ambientes, los reptiles podrían estar soportando, o casi, sus límites térmicos, y las elevaciones de temperaturas pueden constreñir la cantidad de tiempo disponible para realizar actividades vitales como el forrajeo<sup>75</sup>. Ésta es la razón por la cual se considera probable que los reptiles sean altamente sensibles al clima<sup>72</sup>. Un estudio reciente sobre reptiles realizado en Tanzania demostró que, aunque la agricultura y la sobreexplotación eran sus amenazas actuales más importantes, entre el 31% (en el mejor de los casos) y el 91% (en el peor de los casos) de las especies estudiadas eran vulnerables al cambio climático futuro<sup>76</sup>.

El continente australiano, en particular sus calientes y secas áreas internas, posee la mayor riqueza de especies de lagartos en el mundo<sup>70</sup>. Mientras que el cambio climático fue identificado como una de las menos importantes amenazas listadas por una evaluación reciente de riesgos que corren los lagartos y las serpientes de Australia, los incendios fueron identificados como una de las más importantes<sup>69</sup>. La estación de incendios sin precedente experimentada por el Este de Australia en 2019/20 sugiere que los cambios del régimen 'natural' de incendios están comenzando a tener efectos a gran escala<sup>77</sup>, demostrando de qué manera el cambio climático exacerbará las amenazas al mundo natural.

# ENFOQUES BASADOS EN LA NATURALEZA PARA REDUCIR LOS RIESGOS CLIMÁTICOS

La naturaleza tiene un papel importante que asumir a la hora de proteger a las personas y comunidades de los impactos de un clima cambiante, pero el cambio climático ya está impactando a la naturaleza y podría minar su capacidad de proveer estos servicios de protección.

Bruce A. Stein  
(National Wildlife  
Federation)

La adaptación climática constituye un campo emergente de acción que se enfoca en la preparación y la adaptación frente a cambios relacionados con el clima para reducir las vulnerabilidades y los riesgos asociados a éste – o, menos frecuentemente, aprovechar nuevas oportunidades<sup>45</sup>. La adaptación basada en el funcionamiento de los ecosistemas se refiere de manera específica a la utilización de servicios de biodiversidad y ecosistémicos que ayuden a adaptar a las personas a los efectos adversos del cambio climático<sup>79,80</sup>. A medida que el cambio climático impulsa desastres naturales cada vez más severos y costosos, incluyendo tifones intensificados, sequías e incendios forestales, los sistemas naturales pueden llegar a jugar un papel clave en la reducción de riesgos de desastre<sup>81</sup>.

Pantanos, dunas y arrecifes de coral, por ejemplo, pueden disminuir la altura y la energía de marejadas y reducir la inundación costera, mientras que los bosques de montaña y la vegetación ribereña tienen una importancia crítica cuando se trata de mantener reservas de agua, en particular en tiempos de sequía. Durante el huracán Sandy, que causó daños desmedidos a lo largo de la costa Este de los Estados Unidos en 2011, se estima que los humedales costeros redujeron el daño a propiedades asociado a inundaciones en las comunidades adyacentes en más de \$625 millones de dólares<sup>82</sup>. Las defensas naturales que protegen a las personas y la propiedad podrían incluir la protección de sistemas naturales intactos, la restauración de ecosistemas degradados, e incluso la construcción de sistemas de ingeniería que imiten caracteres y funciones naturales<sup>83,84</sup>. Tales factores naturales y basados en la naturaleza pueden ofrecer beneficios adaptativos a las personas donde sea que vivan, ya sea en contextos agrícolas rurales o en áreas urbanas densamente pobladas<sup>85</sup>.

Los ecosistemas naturales también cumplen con un papel central a la hora de combatir el problema subyacente del cambio climático mediante el secuestro y el almacenamiento de carbono y existe un reconocimiento creciente de la importancia de soluciones climáticas naturales en lo que respecta al alcance de objetivos globales de mitigación climática<sup>86</sup>. La conservación, restauración y el manejo mejorado de sistemas naturales pueden contribuir a fortalecer el secuestro y el almacenamiento de carbono y evitar la emisión de gases de efecto invernadero<sup>87</sup>.

Desafortunadamente, a pesar de todo esto, el cambio climático también está amenazando muchos ecosistemas naturales, debilitando su capacidad no solo de proveer servicios ecosistémicos tradicionales – tales como el abastecimiento de agua, alimentos y fibra – sino también su capacidad de proporcionar un colchón de amortiguamiento de los impactos climáticos crecientes a las comunidades humanas. Es más, sin un enfoque explícito en la adaptación climática de la naturaleza – o la adaptación enfocada en la biodiversidad – estos sistemas sufrirán un deterioro significativo, lo cual conducirá a declives de abundancia y extinciones de especies, así como a una pérdida de servicios críticos de los cuales dependen las personas.

Mientras que la ‘adaptación basada en ecosistemas’ hace énfasis en el valor que tiene la naturaleza para las personas, la adaptación enfocada en la biodiversidad está diseñada de manera explícita con el objeto de reducir las amenazas climáticas a las especies y a los ecosistemas como tales<sup>88</sup>. Afortunadamente, existen técnicas disponibles que permiten llevar a cabo iniciativas de conservación climáticamente inteligentes y cada vez se ponen en práctica con mayor frecuencia<sup>89</sup>, y un grupo

creciente de administradores de recursos naturales está revaluando y ajustando metas y estrategias tradicionales de conservación a la luz de las condiciones climáticas cambiantes<sup>90</sup>.

La naturaleza tiene un papel cada vez más vital que asumir a la hora de amortiguar los impactos climáticos crecientes sobre las personas y ayudar a las comunidades a adaptarse a condiciones cambiantes. Sin embargo, la sociedad deberá ensanchar dramáticamente la escala de sus esfuerzos por ayudar a la naturaleza misma a lidiar con y adaptarse a los impactos crecientes del cambio climático si se quiere que la naturaleza tenga la capacidad de proporcionar funciones adaptativas basadas en ecosistemas como las que hemos señalado.

Un rico mundo invertido que alberga corales, tunicados y esponjas sobre las porciones subacuáticas de las raíces de mangle rojo (Rhizophora mangle), Tunicate Cove, Belice.



naturepl.com / Tim Laman / WWF

# El papel de los bosques en un clima cambiante

Los servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques pueden amortiguar los efectos del cambio climático mediante el realce de los procesos ecológicos y su apoyo a la biodiversidad a través de paisajes distintos.

Jaboury Ghazoul  
(ETH Zúrich)

Sabemos que los bosques juegan un papel importante en la mitigación climática mediante el secuestro y almacenamiento de carbono, pero las oportunidades de adaptación climática que proporcionan son tan importantes como éste a la hora de crear un medio ambiente futuro que sea habitable.

En la mayoría de las tierras agrícolas, los cambios climáticos afectarán negativamente a los cultivos y el ganado, y agotarán la materia orgánica del suelo, uno de los principales factores contribuyentes a la fertilidad de este<sup>91</sup>. Los árboles y las áreas boscosas que forman parte de estos sistemas agrícolas protegen al ganado del clima inclemente, mientras que la hojarasca de los árboles provee insumos nutricionales y orgánicos a los suelos agrícolas, manteniendo así su fertilidad<sup>92</sup>. A su vez, la cobertura de hojarasca protege de la erosión a los suelos<sup>92</sup>. Adicionalmente, los bosques mejoran el control de plagas y la polinización al fomentar la biodiversidad de los artrópodos y vertebrados<sup>93</sup>.

En regiones montañosas que son vulnerables al cambio climático, donde éste amenaza tanto a la infraestructura como a las personas, los bosques hacen de estabilizadores de taludes y protegen contra la caída de rocas<sup>94</sup>. Si son manejados adecuadamente, disminuyen la velocidad de flujos de agua y contribuyen a la mitigación de inundaciones. En terrenos bajos, las redes de áreas boscosas ribereñas también protegen a las orillas de los ríos de la erosión causada por lluvias pesadas, mientras que la sombra de los árboles ribereños reduce las temperaturas del agua corriente, proporcionando hábitats más favorables y ricos en oxígeno que mejoran las condiciones de vida de invertebrados y peces<sup>95</sup>. Asimismo, la conectividad de paisaje que aportan estos terrenos boscosos mejora la biodiversidad terrestre<sup>96</sup>.

Los bosques están jugando un papel de importancia crítica en nuestro mundo cada vez más urbanizado. Los árboles y los bosques ayudan a regular climas urbanos, mejorando la salud física y mental de habitantes de ciudades, los cuales conforman más de la mitad de la población mundial. Los terrenos boscosos urbanos también reducen las demandas energéticas asociadas a la refrigeración durante temporadas de altas temperaturas<sup>97, 98</sup>.

Bosque de Matécho, cerca  
de Saül, en el centro de la  
Guyana Francesa.



© Roger Leguen / WWF

# EMPUJANDO LOS LÍMITES PLANETARIOS: MÁS ALLÁ DEL “ESPACIO OPERACIONAL SEGURO” DE LA TIERRA

A medida que la pandemia del coronavirus, las plagas de insectos y los incendios forestales alcanzan dimensiones globales críticas, las personas están apreciando los cambios medioambientales desde un nuevo ángulo.

Sarah Cornell  
(Centro de Resiliencia  
de Estocolmo)

En pocas palabras, los impactos de nuestros modernos estilos de vida del siglo XXI dan cuenta del hecho de que las personas no son tan solo ‘pasajeras’ de nuestro cambiante mundo presente. Las actividades humanas están impulsando cambios a gran escala de la manera en que funciona nuestro planeta y esto afecta a toda la vida en la Tierra. Tanto a nivel individual como colectivo, estamos contribuyendo al cambio en el uso de suelos, la pesca excesiva, la fragmentación de hábitats, las emisiones excesivas de nutrientes y gases de efecto invernadero en nuestra búsqueda de más comida, hogares más grandes y más amplios medios de subsistencia. Muchos de entre nosotros no percibimos siquiera los cambios ecosistémicos que causamos, ya que los impactos ocurren frecuentemente ‘por allá’ y en sitios muy alejados de nuestras vidas cotidianas.

Una manera de rastrear los efectos de estas conexiones es la utilización del abordaje basado en el estudio de los límites planetarios<sup>99, 100</sup>. Éste subraya nueve procesos medioambientales críticos en el marco de los cuales las actividades humanas están fomentando cambios globales en formas que incrementan los riesgos de transformaciones ecosistémicas a gran escala.

Los límites planetarios asociados a la integridad de la biosfera, el cambio climático, los flujos biogeoquímicos y el cambio en el régimen de suelos han sido superados hace mucho tiempo<sup>101</sup>. Adicionalmente, han crecido las presiones sobre límites de acidificación de los océanos<sup>39</sup> y utilización de agua dulce<sup>102</sup>. No se ha establecido una cuantificación global de la descarga de aerosoles en la atmósfera y la contaminación ocasionada por nuevas entidades, pero sus tendencias globales actuales también suscitan inquietudes<sup>103</sup>.

Estas fronteras delimitan el ‘espacio operacional seguro’ de la Tierra que nos corresponde. A medida que las sociedades del mundo se vayan ajustando a los límites planetarios, crecerán las oportunidades de que sigan floreciendo los sistemas sociales en conjunto con los ecosistemas de los cuales forman parte.



**Figura 8: Las actividades humanas incrementan la presión sobre los límites planetarios**

Los procesos interconectados asociados a los Límites Planetarios afectan las interacciones fundamentales y retroalimentaciones entre la integridad de la biosfera y el clima. A su vez, las presiones humanas sobre la integridad de la biosfera y el cambio climático reducen el espacio operacional seguro de otros procesos<sup>101</sup>.

# REFERENCIAS

- Schloss, C., Nuñez, T., and Lawler, J. (2012). Dispersal will limit ability of mammals to track climate change in the Western Hemisphere. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **109**:8606-8611. doi: 10.1073/pnas.1116791109.
- Oliver, T. H., and Morecroft, M. D. (2014). Interactions between climate change and land use change on biodiversity: Attribution problems, risks, and opportunities. *WIREs Climate Change* **5**:317-335. doi: 10.1002/wcc.271.
- Frishkoff, L. O., Karp, D. S., Flanders, J. R., Zook, J., Hadly, E. A., et al. (2016). Climate change and habitat conversion favour the same species. *Ecology Letters* **19**:1081-1090. doi: 10.1111/ele.12645.
- Williams, J. J., and Newbold, T. (2020). Local climatic changes affect biodiversity responses to land use: A review. *Diversity and Distributions* **26**:76-92. doi: 10.1111/ddi.12999.
- Maxwell, S., Fuller, R., Brooks, T., and Watson, J. (2016). Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature* **536**:143-145. doi: 10.1038/536143a.
- Newbold, T., Hudson, L. N., Arnell, A. P., Contu, S., De Palma, A., et al. (2016). Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science* **353**:288-291. doi: 10.1126/science.aaf2201.
- Di Marco, M., Harwood, T. D., Hoskins, A. J., Ware, C., Hill, S. L. L., et al. (2019). Projecting impacts of global climate and land-use scenarios on plant biodiversity using compositional-turnover modelling. *Global Change Biology* **25**:2763-2778. doi: 10.1111/gcb.14663.
- Pereira, H. M., Leadley, P. W., Proença, V., Alkemade, R., Scharlemann, J. P. W., et al. (2010). Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science* **330**:1496-1501. doi: 10.1126/science.1196624.
- Leclère, D., Obersteiner, M., Alkemade, R., Almond, R., Barrett, M., et al. (2018). *Towards pathways bending the curve of terrestrial biodiversity trends within the 21st century*. IIASA. doi: 10.22022/ESM/04-2018.15241.
- Scheffers, B. R., De Meester, L., Bridge, T. C. L., Hoffmann, A. A., Pandolfi, J. M., et al. (2016). The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. *Science* **354**:aaf7671. doi: 10.1126/science.aaf7671.
- IPCC. (2013). Summary for policymakers. In: *Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., et al., editors. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., et al. (2011). The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change* **109**:5. doi: 10.1007/s10584-011-0148-z.
- O'Neill, B. C., Krieglner, E., Ebi, K. L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., et al. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change* **42**:169-180. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004.
- Pacifici, M., Foden, W. B., Visconti, P., Watson, J. E. M., Butchart, S. H. M., et al. (2015). Assessing species vulnerability to climate change. *Nature Climate Change* **5**:215-224. doi: 10.1038/nclimate2448.
- Kim, H., Rosa, I. M. D., Alkemade, R., Leadley, P., Hurtt, G., et al. (2018). A protocol for an intercomparison of biodiversity and ecosystem services models using harmonized land-use and climate scenarios. *Geoscientific Model Development Discussions* **11**:4537-4562. doi: 10.5194/gmd-11-4537-2018.
- Newbold, T., Hudson, L. N., Contu, S., Hill, S. L. L., Beck, J., et al. (2018). Widespread winners and narrow-ranged losers: Land use homogenizes biodiversity in local assemblages worldwide. *PLOS Biology* **16**:e2006841. doi: 10.1371/journal.pbio.2006841.

- 17 Pereira, H. M., Rosa, I. M. D., Martins, I. S., Kim, H., Leadley, P., *et al.* (2020). Global trends in biodiversity and ecosystem services from 1900 to 2050. *bioRxiv* (Pre print):2020.2004.2014.031716. doi: 10.1101/2020.04.14.031716.
- 18 IPBES. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Diaz, S., Settele, J., Brondizio E. S., Ngo, H. T., Guèze, M., *et al.* editors. IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- 19 Heck, V., Gerten, D., Lucht, W., and Popp, A. (2018). Biomass-based negative emissions difficult to reconcile with planetary boundaries. *Nature Climate Change* **8**:151-155. doi: 10.1038/s41558-017-0064-y.
- 20 Bond, W. J., Stevens, N., Midgley, G. F., and Lehmann, C. E. R. (2019). The trouble with trees: Afforestation plans for Africa. *Trends in Ecology & Evolution* **34**:963-965. doi: 10.1016/j.tree.2019.08.003.
- 21 Griscom, B. W., Busch, J., Cook-Patton, S. C., Ellis, P. W., Funk, J., *et al.* (2020). National mitigation potential from natural climate solutions in the tropics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **375**:20190126. doi: 10.1098/rstb.2019.0126.
- 22 Mokany, K., Ferrier, S., Harwood, T. D., Ware, C., Di Marco, M., *et al.* (2020). Reconciling global priorities for conserving biodiversity habitat. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **117**:9906-9911. doi: 10.1073/pnas.1918373117.
- 23 Roe, S., Streck, C., Obersteiner, M., Frank, S., Griscom, B., *et al.* (2019). Contribution of the land sector to a 1.5°C world. *Nature Climate Change* **9**:817-828. doi: 10.1038/s41558-019-0591-9.
- 24 Cameron, E. K., Martins, I. S., Lavelle, P., Mathieu, J., Tedersoo, L., *et al.* (2019). Global mismatches in aboveground and belowground biodiversity. *Conservation Biology* **33**:1187-1192. doi: 10.1111/cobi.13311.
- 25 Crowther, T. W., van den Hoogen, J., Wan, J., Mayes, M. A., Keiser, A. D., *et al.* (2019). The global soil community and its influence on biogeochemistry. *Science* **365**:eaav0550. doi: 10.1126/science.aav0550.
- 26 Fierer, N., and Jackson, R. B. (2006). The diversity and biogeography of soil bacterial communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **103**:626-631. doi: 10.1073/pnas.0507535103.
- 27 Parker, S. S. (2010). Buried treasure: Soil biodiversity and conservation. *Biodiversity and Conservation* **19**:3743-3756. doi: 10.1007/s10531-010-9924-8.
- 28 Bahram, M., Hildebrand, F., Forsslund, S. K., Anderson, J. L., Soudzilovskaia, N. A., *et al.* (2018). Structure and function of the global topsoil microbiome. *Nature* **560**:233-237. doi: 10.1038/s41586-018-0386-6.
- 29 Phillips, H. R. P., Guerra, C. A., Bartz, M. L. C., Briones, M. J. I., Brown, G., *et al.* (2019). Global distribution of earthworm diversity. *Science* **366**:480-485. doi: 10.1126/science.aax4851.
- 30 Curtis, P. G., Slay, C. M., Harris, N. L., Tyukavina, A., and Hansen, M. C. (2018). Classifying drivers of global forest loss. *Science* **361**:1108-1111. doi: 10.1126/science.aau3445.
- 31 IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- 32 Green, E., McRae, L., Harfoot, M., Hill, S., Simonson, W., *et al.* (2019). *Below the canopy: plotting global trends in forest wildlife populations*. WWF-UK.
- 33 Green, E. J., McRae, L., Freeman, R., Harfoot, M. B. J., Hill, S. L. L., *et al.* (2020). Below the canopy: global trends in forest vertebrate populations and their drivers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **287**:20200533. doi: 10.1098/rspb.2020.0533.
- 34 Benítez-López, A., Santini, L., Schipper, A. M., Busana, M., and Huijbregts, M. A. J. (2019). Intact but empty forests? Patterns of hunting-induced mammal defaunation in the tropics. *PLOS Biology* **17**:e3000247. doi: 10.1371/journal.pbio.3000247.
- 35 WWF/ZSL. (2020). The Living Planet Index database. <[www.livingplanetindex.org](http://www.livingplanetindex.org)>.

- 36 IPCC. (2018). *Summary for policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.* Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., et al., editors. Intergovernmental Panel on Climate Change. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
- 37 IPCC. (2013). *Climate Change 2013 – The physical science basis: Working Group I Contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., et al., editors. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 38 Diffenbaugh, N. S., Singh, D., Mankin, J. S., Horton, D. E., Swain, D. L., et al. (2017). Quantifying the influence of global warming on unprecedented extreme climate events. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **114**:4881-4886. doi: 10.1073/pnas.1618082114.
- 39 Hoegh-Guldberg, O., Cai, R., Poloczanska, E. S., Brewer, P. G., Sundby, S., et al. (2014). The ocean. Pages 1655-1731 in Barros, V. R., Field, C. B., Dokken, D. J., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., et al., editors. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge.
- 40 Nagelkerken, I., and Connell, S. D. (2015). Global alteration of ocean ecosystem functioning due to increasing human CO<sub>2</sub> emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **112**:13272-13277. doi: 10.1073/pnas.1510856112.
- 41 Ullah, H., Nagelkerken, I., Goldenberg, S. U., and Fordham, D. A. (2018). Climate change could drive marine food web collapse through altered trophic flows and cyanobacterial proliferation. *PLOS Biology* **16**:e2003446. doi: 10.1371/journal.pbio.2003446.
- 42 Haverd, V., Smith, B., Canadell, J. G., Cuntz, M., Mikaloff-Fletcher, S., et al. (2020). Higher than expected CO<sub>2</sub> fertilization inferred from leaf to global observations. *Global Change Biology* **26**:2390-2402. doi: 10.1111/gcb.14950.
- 43 Goodwin, P. (2019). Quantifying the terrestrial carbon feedback to anthropogenic carbon emission. *Earth's Future* **7**:1417-1433. doi: 10.1029/2019ef001258.
- 44 Foden, W. B., Young, B. E., Akçakaya, H. R., Garcia, R. A., Hoffmann, A. A., et al. (2018). Climate change vulnerability assessment of species. *WIREs Climate Change* **10**:e551. doi: 10.1002/wcc.551.
- 45 IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group I to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Field, C. B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., et al., editors. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 47 Rosenzweig, C., Karoly, D., Vicarelli, M., Neofotis, P., Wu, Q., et al. (2008). Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature* **453**:353-357. doi: 10.1038/nature06937.
- 48 Urban, M. C. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science* **348**:571-573. doi: 10.1126/science.aaa4984.
- 49 Barthlott, W., Hostert, A., Kier, G., Küper, W., Kreft, H., et al. (2007). Geographic patterns of vascular plant diversity at continental to global scales (Geographische muster der gefäßpflanzenvielfalt im kontinentalen und globalen maßstab). *Erdkunde* **61**:305-315.
- 50 Williams, J. W., Jackson, S. T., and Kutzbach, J. E. (2007). Projected distributions of novel and disappearing climates by 2100 AD. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104**:5738-5742. doi: 10.1073/pnas.0606292104.
- 51 Bellard, C., Leclerc, C., Leroy, B., Bakkenes, M., Veloz, S., et al. (2014). Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. *Global Ecology and Biogeography* **23**:1376-1386. doi: 10.1111/gcb.12228.
- 52 Enquist, B. J., Feng, X., Boyle, B., Maitner, B., Newman, E. A., et al. (2019). The commonness of rarity: Global and future distribution of rarity across land plants. *Science Advances* **5**:eaaz0414. doi: 10.1126/sciadv.aaz0414.

- 53 Trisos, C. H., Merow, C., and Pigot, A. L. (2020). The projected timing of abrupt ecological disruption from climate change. *Nature* **580**:496-501. doi: 10.1038/s41586-020-2189-9.
- 54 Parmesan, C., Ryrholm, N., Stefanescu, C., Hill, J. K., Thomas, C. D., *et al.* (1999). Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* **399**:579-583. doi: 10.1038/21181.
- 55 Gynther, I., Waller, N., and Leung, L. K.-P. (2016). *Confirmation of the extinction of the Bramble Cay melomys Melomys rubicola on Bramble Cay, Torres Strait: results and conclusions from a comprehensive survey in August-September 2014*. Unpublished report to the Department of Environment and Heritage Protection, Queensland Government, Brisbane.
- 56 Waller, N. L., Gynther, I. C., Freeman, A. B., Lavery, T. H., and Leung, L. K.-P. (2017). The Bramble Cay melomys *Melomys rubicola* (Rodentia: Muridae): a first mammalian extinction caused by human-induced climate change? *Wildlife Research* **44**:9-21. doi: 10.1071/WR16157.
- 57 Foden, W. B., Butchart, S. H. M., Stuart, S. N., Vié, J.-C., Akçakaya, H. R., *et al.* (2013). Identifying the world's most climate change vulnerable species: A systematic trait-based assessment of all birds, amphibians and corals. *PLOS ONE* **8**:e65427. doi: 10.1371/journal.pone.0065427.
- 58 Fulton, G. R. (2017). The Bramble Cay melomys: the first mammalian extinction due to human-induced climate change. *Pacific Conservation Biology* **23**:1-3. doi: 10.1071/PCV23N1\_ED.
- 59 Westcott, D. A., Caley, P., Heersink, D. K., and McKeown, A. (2018). A state-space modelling approach to wildlife monitoring with application to flying-fox abundance. *Scientific Reports* **8**:4038. doi: 10.1038/s41598-018-22294-w.
- 60 Welbergen, J. A., Klose, S. M., Markus, N., and Eby, P. (2008). Climate change and the effects of temperature extremes on Australian flying-foxes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **275**:419-425. doi: 10.1098/rspb.2007.1385.
- 61 Welbergen, J. Unpublished data.
- 62 Welbergen, J., Booth, C., and Martin, J. (2014). Killer climate: Tens of thousands of flying foxes dead in a day. *The Conversation*. <<http://theconversation.com/killer-climate-tens-of-thousands-of-flying-foxes-dead-in-a-day-23227>>.
- 63 Spooner, F. E. B., Pearson, R. G., and Freeman, R. (2018). Rapid warming is associated with population decline among terrestrial birds and mammals globally. *Global Change Biology* **24**:4521-4531. doi: 10.1111/gcb.14361.
- 64 Uetz, P., Freed, P., and Hošek, J. (2019). The Reptile Database. Accessed 3rd November, 2019. <<http://www.reptile-database.org>>.
- 65 Cox, N. A., and Temple, H. J. (2009). *European Red List of reptiles*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- 66 Böhm, M., Collen, B., Baillie, J. E. M., Bowles, P., Chanson, J., *et al.* (2013). The conservation status of the world's reptiles. *Biological Conservation* **157**:372-385. doi: 10.1016/j.biocon.2012.07.015.
- 67 Bates, M. F., Branch, W. R., Bauer, A. M., Burger, M., Marais, J., *et al.*, editors. (2014). *Atlas and Red List of the reptiles of South Africa, Lesotho and Swaziland*. South African National Biodiversity Institute (SANBI), Pretoria, South Africa.
- 68 Jenkins, R. K. B., Tognelli, M. F., Bowles, P., Cox, N., Brown, J. L., *et al.* (2014). Extinction risks and the conservation of Madagascar's reptiles. *PLOS ONE* **9**:e100173. doi: 10.1371/journal.pone.0100173.
- 69 Tingley, R., Macdonald, S. L., Mitchell, N. J., Woinarski, J. C. Z., Meiri, S., *et al.* (2019). Geographic and taxonomic patterns of extinction risk in Australian squamates. *Biological Conservation* **238**:108203. doi: 10.1016/j.biocon.2019.108203.
- 70 Roll, U., Feldman, A., Novosolov, M., Allison, A., Bauer, A. M., *et al.* (2017). The global distribution of tetrapods reveals a need for targeted reptile conservation. *Nature Ecology & Evolution* **1**:1677-1682. doi: 10.1038/s41559-017-0332-2.
- 71 Gumbs, R., Gray, C. L., Wearn, O. R., and Owen, N. R. (2018). Tetrapods on the EDGE: Overcoming data limitations to identify phylogenetic conservation priorities. *PLOS ONE* **13**:e0194680. doi: 10.1371/journal.pone.0194680.
- 72 Böhm, M., Cook, D., Ma, H., Davidson, A. D., García, A., *et al.* (2016). Hot and bothered: Using trait-based approaches to assess climate change vulnerability in reptiles. *Biological Conservation* **204**:32-41. doi: 10.1016/j.biocon.2016.06.002.

- 73 IUCN. (2020). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-2. <<https://www.iucnredlist.org>>.
- 74 Saha, A., McRae, L., Dodd, C. K. J., Gadsden, H., Hare, K. M., *et al.* (2018). Tracking global population trends: Population time-series data and a Living Planet Index for reptiles. *Journal of Herpetology* **52**:259-268, 210.
- 75 Sinervo, B., Méndez-de-la-Cruz, F., Miles, D. B., Heulin, B., Bastiaans, E., *et al.* (2010). Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. *Science* **328**:894-899. doi: 10.1126/science.1184695.
- 76 Meng, H., Carr, J., Beraducci, J., Bowles, P., Branch, W. R., *et al.* (2016). Tanzania's reptile biodiversity: Distribution, threats and climate change vulnerability. *Biological Conservation* **204**:72-82. doi: 10.1016/j.biocon.2016.04.008.
- 77 Nolan, R. H., Boer, M. M., Collins, L., Resco de Dios, V., Clarke, H., *et al.* (2020). Causes and consequences of eastern Australia's 2019-20 season of mega-fires. *Global Change Biology* **26**:1039-1041. doi: 10.1111/gcb.14987.
- 79 Colls, A., Ash, N., and Ikkala, N. (2009). *Ecosystem-based adaptation: A natural response to climate change*. IUCN, Gland, Switzerland.
- 80 Jones, H. P., Hole, D. G., and Zavaleta, E. S. (2012). Harnessing nature to help people adapt to climate change. *Nature Climate Change* **2**:504-509. doi: 10.1038/nclimate1463.
- 81 Renaud, F. G., Sudmeier-Rieux, K., Estrella, M., and Nehren, U., editors. (2016). *Ecosystem-based disaster risk reduction and adaptation in practice*. Springer, Switzerland. doi: 10.1007/978-3-319-43633-3.
- 82 Narayan, S., Beck, M. W., Wilson, P., Thomas, C. J., Guerrero, A., *et al.* (2017). The value of coastal wetlands for flood damage reduction in the Northeastern USA. *Scientific Reports* **7**:9463. doi: 10.1038/s41598-017-09269-z.
- 83 Small-Lorenz, S. L., Stein, B. A., Schrass, K., Holstein, D. N., and Mehta, A. V. (2016). *Natural defenses in action: Harnessing nature to protect our communities*. National Wildlife Federation, Washington, DC. <[www.nwf.org/nature-in-action](http://www.nwf.org/nature-in-action)>.
- 84 Glick, P., Powell, E., Schlesinger, S., Ritter, J., Stein, B. A., *et al.* (2020). The protective value of nature: A review of the effectiveness of natural infrastructure for hazard risk reduction. National Wildlife Federation, Washington, DC. <[www.nwf.org/protective-value-of-nature](http://www.nwf.org/protective-value-of-nature)>.
- 85 Brink, E., Aalders, T., Ádám, D., Feller, R., Henselek, Y., *et al.* (2016). Cascades of green: A review of ecosystem-based adaptation in urban areas. *Global Environmental Change* **36**:111-123. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2015.11.003.
- 86 IPCC. (2019). *Climate Change and Land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Shukla, P. R., Skea, J., Buendia, E. C., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.-O., *et al.*, editors. In Press.
- 87 Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., *et al.* (2017). Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **114**:11645-11650. doi: 10.1073/pnas.1710465114.
- 88 Stein, B. A., Staudt, A., Cross, M. S., Dubois, N. S., Enquist, C., *et al.* (2013). Preparing for and managing change: Climate adaptation for biodiversity and ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* **11**:502-510. doi: 10.1890/120277.
- 89 Stein, B. A., Glick, P., Edelson, N., and Staudt, A. (2014). Climate-smart conservation: *Putting adaption principles into practice*. National Wildlife Federation, Washington, DC. <[www.nwf.org/climatesmartguide](http://www.nwf.org/climatesmartguide)>.
- 90 Prober, S. M., Doerr, V. A. J., Broadhurst, L. M., Williams, K. J., and Dickson, F. (2019). Shifting the conservation paradigm: A synthesis of options for renovating nature under climate change. *Ecological Monographs* **89**:e01333. doi: 10.1002/ecm.1333.
- 91 Leisner, C. P. (2020). Review: Climate change impacts on food security – focus on perennial cropping systems and nutritional value. *Plant Science* **293**:110412. doi: 10.1016/j.plantsci.2020.110412.
- 92 Karp, D. S., Mendenhall, C. D., Sandí, R. F., Chaumont, N., Ehrlich, P. R., *et al.* (2013). Forest bolsters bird abundance, pest control and coffee yield. *Ecology Letters* **16**:1339-1347. doi: 10.1111/ele.12173.

- 93 Brockerhoff, E. G., Barbaro, L., Castagneyrol, B., Forrester, D. I., Gardiner, B., *et al.* (2017). Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. *Biodiversity and Conservation* **26**:3005-3035. doi: 10.1007/s10531-017-1453-2.
- 94 Getzner, M., Gutheil-Knopp-Kirchwald, G., Kreimer, E., Kirchmeir, H., and Huber, M. (2017). Gravitational natural hazards: Valuing the protective function of Alpine forests. *Forest Policy and Economics* **80**:150-159. doi: 10.1016/j.forpol.2017.03.015.
- 95 Cole, L. J., Stockan, J., and Helliwell, R. (2020). Managing riparian buffer strips to optimise ecosystem services: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **296**:106891. doi: 10.1016/j.agee.2020.106891.
- 96 Humphrey, J., Watts, K., Fuentes-Montemayor, E., Macgregor, N., Peace, A. J., *et al.* (2015). What can studies of woodland fragmentation and creation tell us about ecological networks? A literature review and synthesis. *Landscape Ecology* **30**:21-50. doi: 10.1007/s10980-014-0107-y.
- 97 Li, Z., Chen, D., Cai, S., and Che, S. (2018). The ecological services of plant communities in parks for climate control and recreation – A case study in Shanghai, China. *PLOS ONE* **13**:e0196445. doi: 10.1371/journal.pone.0196445.
- 98 Speak, A., Montagnani, L., Wellstein, C., and Zerbe, S. (2020). The influence of tree traits on urban ground surface shade cooling. *Landscape and Urban Planning* **197**:103748. doi: 10.1016/j.landurbplan.2020.103748.
- 99 Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., *et al.* (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecol Soc* **14**.
- 100 Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., *et al.* (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, v.461, 472-475 (2009) **46**.
- 101 Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., *et al.* (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* **347**:1259855. doi: 10.1126/science.1259855.
- 102 Gleeson, T., Wang-Erlandsson, L., Zipper, S. C., Porkka, M., Jaramillo, F., *et al.* (2020). The water planetary boundary: Interrogation and revision. *One Earth* **2**:223-234. doi: 10.1016/j.oneear.2020.02.009.
- 103 UN Environment. (2019). Global chemicals outlook II. *From legacies to innovative solutions: Implementing the 2030 agenda for sustainable development*. United Nations Environment Programme, Nairobi.



THIS REPORT  
HAS BEEN  
PRODUCED IN  
COLLABORATION  
WITH:

ZSL  
LET'S WORK  
FOR WILDLIFE



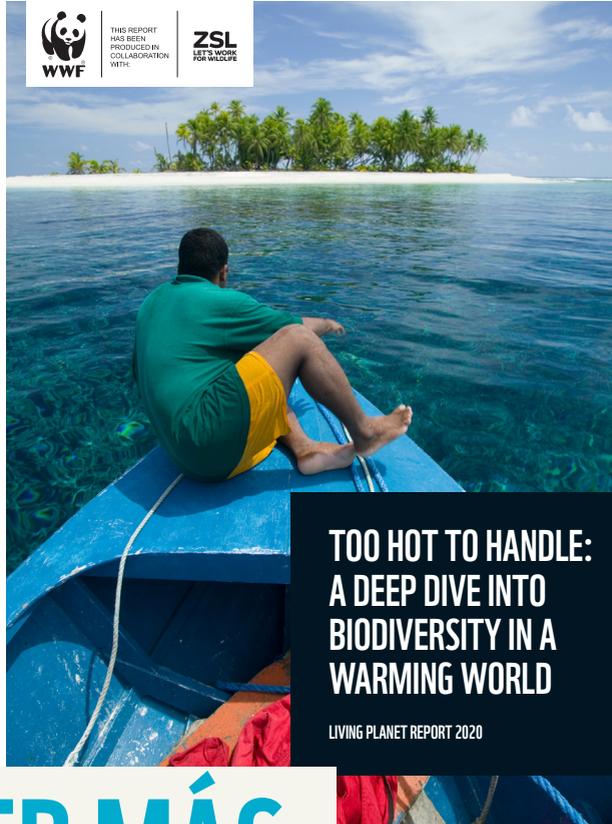
# LIVING PLANET REPORT 2020

BENDING THE CURVE OF BIODIVERSITY LOSS



THIS REPORT  
HAS BEEN  
PRODUCED IN  
COLLABORATION  
WITH:

ZSL  
LET'S WORK  
FOR WILDLIFE



# TOO HOT TO HANDLE: A DEEP DIVE INTO BIODIVERSITY IN A WARMING WORLD

LIVING PLANET REPORT 2020

# CONOCER MÁS



THIS REPORT  
HAS BEEN  
PRODUCED IN  
COLLABORATION  
WITH:

ZSL  
LET'S WORK  
FOR WILDLIFE



# A DEEP DIVE INTO FRESHWATER

LIVING PLANET REPORT 2020



# VOICES FOR A LIVING PLANET

SPECIAL EDITION LIVING PLANET REPORT 2020

## **WWF**

WWF es una de las mayores y más experimentadas organizaciones conservacionistas independientes del mundo, con más de cinco millones de socios y una red global activa en más de cien países. La misión de WWF es detener la degradación de los ambientes naturales del planeta y construir un futuro en el que los seres humanos vivan en armonía con la naturaleza, conservando la diversidad biológica mundial, garantizando el uso sostenible de los recursos naturales renovables y promoviendo el descenso de la contaminación y del consumo derrochador.

## **Instituto de Zoología (Sociedad Zoológica de Londres)**

Fundada en 1826, la Sociedad Zoológica de Londres (ZSL, por su nombre en inglés) es una organización internacional científica, conservacionista y educativa. Su misión es lograr y fomentar la conservación mundial de los animales y sus hábitats. La ZSL dirige el Zoológico de Londres y el Zoológico Whipsnade, realiza investigaciones científicas en el Instituto de Zoología y participa activamente en la conservación del campo en todo el mundo. La ZSL administra el Índice Planeta Vivo® en colaboración con WWF.

## **Información sobre esta publicación**

Publicada en Septiembre de 2020 por WWF – Fondo Mundial para la Naturaleza (antes, Fondo Mundial para la Vida Silvestre), Gland, Suiza (“WWF”).

Cualquier reproducción total o parcial de esta publicación debe hacerse según las disposiciones que se exponen a continuación, y debe indicar el título de la obra y acreditar al editor mencionado como el titular de los derechos de autor.

## **Cita sugerida**

WWF (2020) Informe Planeta Vivo 2020.

Revirtiendo la curva de la pérdida de biodiversidad: una inmersión profunda en el clima y la biodiversidad.

Almond, R.E.A., Grooten M. y Petersen, T. (Eds).

WWF, Gland, Suiza.

Aviso para los textos y las gráficas © 2020 WWF

Todos los derechos reservados.

Se autoriza reproducir esta publicación (excepto las fotografías) con fines educativos u otros propósitos no comerciales, con la condición de que se notifique por escrito y con antelación a WWF, y se haga el reconocimiento apropiado en los términos ya señalados. Se prohíbe la reproducción de esta publicación para la reventa y otros fines comerciales, sin la autorización previa y escrita de WWF. La reproducción de las fotografías con cualquier propósito está sujeta al permiso previo y escrito de WWF.

Las opiniones expresadas en esta publicación pertenecen a sus autores. No tienen la intención de reflejar las opiniones o los puntos de vista de WWF. Las designaciones empleadas en esta publicación y la presentación de su material no suponen la expresión de opinión alguna por parte de WWF sobre la condición jurídica de cualquier país, territorio o área, ni sobre sus autoridades, fronteras o límites.

Diseño y gráficos informativos: peer&dedigitalesupermarkt

*Informe Planeta vivo* ®  
*e Índice Planeta Vivo*®  
son marcas registradas  
de WWF International.

# NUESTRA MISIÓN ES DETENER LA DEGRADACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE NATURAL DEL PLANETA Y CONSTRUIR UN FUTURO EN EL CUAL LOS SERES HUMANOS VIVAN EN ARMONÍA CON LA NATURALEZA.



Trabajando para sostener el  
mundo natural en beneficio de  
las personas y la vida silvestre.

juntos es posible [panda.org](http://panda.org)

© 2020

© 1986 Logotipo del panda WWF – Fondo Mundial para la Naturaleza (antes, Fondo Mundial para la Vida Silvestre).

® "WWF" es una marca registrada WWF. Avenue du Mont-Bland, 1196 Gland, Suiza. Tel. +41 22 364 9111. Fax. +41 22 364 0332.

Para detalles de contacto y mayor información, por favor visite nuestra página web internacional [www.panda.org/LPR2020](http://www.panda.org/LPR2020)