

# Capítulo 27 En Resumen

Medidas de conservación para contrarrestar las principales amenazas a la biodiversidad Amazónica



Grande área de garimpo com dezenas de barracões, rio Uraricoera, Terra Indígena Yanomami  
(Foto: Bruno Kelly/Amazônia Real)



**THE AMAZON WE WANT**  
Science Panel for the Amazon

## Medidas de conservación para contrarrestar las principales amenazas a la biodiversidad Amazónica

Jos Barlow<sup>a\*</sup>, Alexander C. Lees<sup>b</sup>, Plinio Sist<sup>c,d\*</sup>, Rafael Almeida<sup>e</sup>, Caroline Arantes<sup>f</sup>, Dolores Armenteras<sup>g</sup>, Erika Berenguer<sup>h</sup>, Patrick Caron<sup>d</sup>, Francisco Cuesta<sup>i</sup>, Carolina Doria<sup>j</sup>, Joice Ferreira<sup>k</sup>, Alexander Flecker<sup>c</sup>, Sebastian Heilpern<sup>l</sup>, Michelle Kalamandeen<sup>m</sup>, Nathália Nascimento<sup>n</sup>, Marielos Peña-Claros<sup>o</sup>, Camille Piponiot<sup>p</sup>, Paulo Santos Pompeu<sup>q</sup>, Carlos Souza<sup>r</sup>, Judson F. Valentim<sup>s</sup>

### Mensajes claves y recomendaciones

- 1) La biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas de la Amazonía están amenazados por una amplia gama de factores que se originan en la cuenca y en todo el mundo.
- 2) Entre ellas se encuentran la ganadería, expansión agrícola y la especulación de la tierra. También, la caza y la sobrepesca; cambio climático; infraestructuras inadecuadas; minería y la generación de energía; especies invasoras; la guerra y los disturbios; contaminación, y la fragmentación de los cursos de agua por medio de pequeñas represas y embalses.
- 3) Los factores de estrés suelen ocurrir en las mismas regiones, lo que puede amplificar sus efectos o crear nuevos problemas.
- 4) Dada esta complejidad, no existe una solución sencilla o única para resolver los problemas socioambientales de la Amazonía. En su lugar, es necesario retomar, reproducir y ampliar un con-

junto de iniciativas, aprovechando la complejidad socioeconómica, cultural y ecológica de la Amazonía.

- 5) Las acciones emprendidas en la Amazonía deben ir acompañadas de cambios en países y regiones no Amazónicas, que limiten el cambio climático y eviten los daños ambientales provocados por la deforestación y la fragmentación de los ríos.

**Resumen** Las actividades humanas destruyen la biodiversidad y perturban el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y terrestres a diferentes niveles. Este capítulo ofrece enfoques sostenibles para hacer frente a algunas de las mayores amenazas para la biodiversidad y los ecosistemas de la Amazonía: la deforestación; represamiento de los ríos; minería; la caza; comercio ilegal; producción y tráfico de drogas; tala ilegal, sobrepesca y la expansión de las infraestructuras. El papel de la restauración se aborda en los capítulos 28 y 29.

<sup>a</sup> Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, UK, jos.barlow@lancaster.ac.uk

<sup>b</sup> Department of Natural Sciences, Manchester Metropolitan University, UK

<sup>c</sup> Agricultural Research Centre for International Development – France. CIRAD, sist@cirad.fr

<sup>d</sup> Université de Montpellier, UR Forests & Societies, Montpellier 34398, France

<sup>e</sup> Department of Ecology and Evolutionary Biology, Cornell University, 616 Thurston Ave., Ithaca NY 14853, USA

<sup>f</sup> Division of Forestry and Natural Resources, 325G Percival Hall, 1145 Evansdale Drive, West Virginia University, USA

<sup>g</sup> Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>h</sup> Environmental Change Institute, University of Oxford, Oxford, UK

<sup>i</sup> Grupo de Investigación en Biodiversidad, Medio Ambiente y Salud - BIOMAS - Universidad de Las Américas (UDLA), Quito, Ecuador

<sup>j</sup> Laboratório de Ictiologia e Pesca, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, Brazil

<sup>k</sup> Embrapa Amazonia Oriental, Trav. Eneas Pinheiro, Belém, Brazil

<sup>l</sup> Department of Natural Resources, Cornell University, USA

<sup>m</sup> School of Geography, University of Leeds, Leeds, UK

<sup>n</sup> Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Instituto de Estudos Climáticos, Vitória, Espírito Santo, Brazil

<sup>o</sup> Forest Ecology and Forest Management Group, Wageningen University & Research, Wageningen, The Netherlands

<sup>p</sup> Smithsonian Conservation Biology Institute & Smithsonian Tropical Research Institute, Republic of Panama

<sup>q</sup> Departamento de Ecologia e Conservação, Instituto de Ciências Naturais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brazil

<sup>r</sup> Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), Belém, PA, Brazil

<sup>s</sup> Agroforestry Research Center of Acre, Embrapa Acre, Rodovia BR-364, Km 14 (Rio Branco/Porto Velho), Rio Branco AC 69900-970, Brazil

**Pérdida de hábitat y degradación de los ecosistemas a causa de la expansión agrícola, especulación de la tierra y la ganadería** La deforestación, degradación de los bosques y la conversión de los ecosistemas no forestales amenazan la biodiversidad nativa en toda la Amazonía (capítulo 19).

Cuando la deforestación es la principal amenaza, las acciones de conservación pueden desarrollarse en torno a la adopción, replicación o regresar a las intervenciones que tuvieron éxito en el pasado o en otras regiones. Entre ellas se encuentran (i) el seguimiento prácticamente en tiempo real de la pérdida de bosques en toda la cuenca, (ii) acciones efectivas de aplicación sobre terreno, (iii) el uso de sanciones según lo permitido por las leyes medioambientales y restricciones de créditos para los propietarios de tierras en zonas de alta deforestación, (iv) la moratoria de la soya y el ganado, (v) incentivos para los sistemas agrícolas que evitan la deforestación, (vi) expansión y genuina protección de las áreas protegidas, incluidas las reservas de uso sostenible y los territorios Indígenas, y (vii) el apoyo y el reconocimiento de las acciones de base, incluidas las patrullas comunitarias y la cartografía.

Los avances en materia de teledetección pueden contribuir en gran medida a estas intervenciones, ya que permiten evaluar la pérdida de bosques en tiempo real, a una escala más precisa y con mayor resolución temporal, así como mejorar la capacidad de rastrear las causas de la degradación inducidas por los incendios y tala. La teledetección también debe rastrear la pérdida y la degradación de los ecosistemas no forestales, que pueden ser mucho más difíciles de detectar.

El éxito de las intervenciones diseñadas para prevenir la deforestación y la degradación requiere una mejor gobernanza y una reducción de la corrupción a todas las escalas<sup>1,2</sup>. La evaluación de la conservación de la vegetación autóctona en tierras privadas

requiere la actualización de los registros de propiedad (por ejemplo, el CAR en Brasil). La reducción del impacto negativo de los productos básicos fuertemente asociados a la deforestación -como son la carne de vacuno, soya y los minerales-, requiere una cuidadosa gobernanza y transparencia para rastrear y eliminar la deforestación de las cadenas de suministro<sup>3</sup>. Esto necesitará cambios en la gobernanza y la responsabilidad financiera en los países que importan productos Amazónicos.

### **Degradación de los ecosistemas como consecuencia del uso de los recursos biológicos**

*Cazar:* La caza ilegal de animales silvestres está muy generalizada y culturalmente arraigada en la Amazonía, y representa una importante amenaza para algunos vertebrados Amazónicos y, en última instancia, para los ecosistemas. Proteger a las especies amenazadas por la caza es crucial para su persistencia a largo plazo. Sin embargo, las intervenciones de conservación también deben considerar los posibles impactos en la población local, para los que la caza es un aspecto fundamental de la cultura, conocimientos tradicionales y diversidad en la dieta<sup>4</sup>. Bragagnolo et al. (2019)<sup>5</sup> elaboraron una serie de recomendaciones para mitigar los impactos de la caza teniendo en cuenta el bienestar humano, incluyendo la simplificación del proceso de registro para convertirse en cazador de subsistencia, y la ampliación de los esquemas de licencias y su vinculación con los programas de gestión de la vida silvestre, basados en la comunidad. Estas acciones podrían apoyarse en la creación de "zonas de no captura" que fomenten la dinámica fuente-sumidero<sup>6</sup>. En los casos en los que sea necesario reducir la intensidad de la caza, las intervenciones podrían incluir la provisión de medios de vida alternativos, modificar las cadenas de suministro de la caza mediante la sustitución y la utilización de campañas de educación y marketing social para cambiar el comportamiento de los grupos demográficos considerados clave<sup>5</sup>.

*Sobrepesca* La pesca en la Amazonía abarca un gradiente de intensidad, desde la industrial hasta la artesanal, y utiliza diversas artes y técnicas, con impactos que varían espacio-temporalmente los distintos ecosistemas fluviales. Esto puede provocar el agotamiento de las poblaciones, pero, al igual que ocurre con la caza, afecta de forma desproporcionada a unas especies más que a otras, siendo el mayor impacto en los peces de gran tamaño. Muchas especies de gran tamaño son también migratorias, lo que plantea problemas de gestión transfronteriza. Las soluciones para la conservación de los vertebrados terrestres se aplican igualmente a la pesca, con un enfoque en la gestión integrada de la pesca que puede incluir la planificación basada en la comunidad, evaluaciones cuidadosas de las poblaciones que consideren los historiales de vida de las especies, la implementación de áreas de no extracción y el control de las actividades comerciales. El cumplimiento de los límites de las temporadas de veda y los requisitos de tamaño mínimo aumentarían la productividad de la población, limitarían la sobreexplotación<sup>7</sup> y protegerían a los individuos sexualmente inmaduros para evitar así el colapso de las poblaciones de peces, incluso si no se restringe la pesca<sup>8</sup>.

*Comercio ilegal de especies silvestres* El tráfico es el principal impulsor de la disminución de muchos peces ornamentales y de algunas especies terrestres, como las aves cantoras. La aplicación de la ley in situ podría ser más eficaz si se apoyara en medidas adicionales que aumenten la legalidad y la sostenibilidad de la cría de animales, haciendo hincapié en la importancia de las aves criadas en cautiverio<sup>9</sup> y en la creación de linajes en cautividad con pedigrí controlado<sup>10</sup>.

*Tala ilegal* La tala ilegal puede ser uno de los principales motores de la degradación de los bosques, debilitando su resistencia a los incendios y la sequía<sup>11</sup> y aumentando el riesgo de extinción comercial de

las especies madereras más valiosas<sup>12-14</sup>. El mayor desafío para la tala es la alta prevalencia de la ilegalidad, incluso dentro de las concesiones legales<sup>15,16</sup>. Se necesitan urgentemente mejores sistemas públicos para gobernar la tala y las cadenas de suministro transfronterizas y trazables<sup>15</sup>. Los grandes datos, el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV)<sup>17</sup> y las tecnologías de ADN podrían apoyar los procesos de verificación<sup>18</sup>. Se puede mejorar creando asociaciones más sólidas en materia forestal entre múltiples actores, incluidas las comunidades locales<sup>19</sup>.

**Degradación de los ecosistemas como consecuencia del cambio climático y de las condiciones meteorológicas adversas** El cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos son los principales causantes de la degradación de los ecosistemas. Los impactos pueden ser directos e inmediatos, como las sequías que causan la mortalidad generalizada de los árboles y la vida acuática<sup>20,21</sup>, o las inundaciones perjudiciales<sup>22,23</sup>. Los fenómenos climáticos extremos alteran la disponibilidad de recursos clave, como los árboles frutales<sup>24</sup>, y provocan cambios importantes en las poblaciones de flora y fauna<sup>25</sup>. El cambio climático también puede actuar lentamente, durante largos períodos de tiempo, alterando los patrones de temperatura y precipitación, aumentando la duración de la estación seca<sup>26</sup> y cambiando la composición de la vegetación<sup>27</sup>. El cambio climático y los fenómenos climáticos extremos también pueden actuar de manera conjunta con otras perturbaciones para aumentar la probabilidad de que se produzcan incendios forestales a gran escala<sup>28</sup> y la muerte de los bosques<sup>29</sup> (véanse también los capítulos 22-24).

Abordar los factores climáticos dominantes es un reto que requiere medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, incluso en los países no Amazónicos que históricamente han emitido la mayor cantidad de dióxido de carbono. Sin

embargo, las acciones dentro de la Amazonía también son clave. En primer lugar, la Amazonía es en sí misma un almacén de carbono mundial de importancia crítica y un sumidero potencial, y el cambio de uso de la tierra contribuye a la mayoría de las emisiones de efecto invernadero de las naciones Amazónicas. La gestión local para evitar la deforestación y la degradación de los bosques y fomentar la restauración puede desempeñar un papel clave en la mitigación del cambio climático global si va acompañada de una reducción de las emisiones en otros lugares. En segundo lugar, la gestión local puede ser clave para que los ecosistemas conserven su resistencia innata al estrés climático<sup>30</sup>. Por ejemplo, evitar la tala y amortiguar los linderos forestales con bosques en regeneración podría ayudar a conservar los microclimas forestales húmedos<sup>31</sup>, reduciendo el riesgo de incendios forestales. Los tallos de los bosques intactos también pueden ser más resistentes al estrés del fuego, con menores probabilidades de mortalidad de los árboles<sup>32</sup>. Una gestión local que fomente la fluidez de los ríos también podría permitir que los sistemas acuáticos fueran más resistentes al clima. Por ejemplo, las mega-represas y las condiciones meteorológicas extremas interactúan para exacerbar los cambios en el funcionamiento de los ecosistemas en los bosques situados aguas abajo<sup>33</sup>.

**La infraestructura como motor de cambio: Carreteras y ferrocarriles** La experiencia pasada sugiere que, sin cambios drásticos en la gobernanza, el aumento del acceso a nuevas regiones mediante la construcción o pavimentación de carreteras dará lugar a un inevitable aumento de la deforestación y la degradación medioambiental (véanse los capítulos 14 y 19). Es poco probable que se produzcan cambios en la gobernanza a corto plazo, y aún no se ha demostrado su eficacia a menor escala. Por lo tanto, para mantener la integridad de la Amazonía es necesario frenar la construcción de nuevas carreteras

y adoptar un enfoque más cauteloso a la hora de mejorar las que ya existen. Esto es especialmente importante cuando los planes de construcción o mejora de carreteras cruza regiones inaccesibles o remotas. Entre los ejemplos se encuentran la IIRSA, la carretera prevista para la Calha Norte de la Amazonía brasileña, y la pavimentación de autopistas como la BR319 entre Manaus y Porto Velho. Hay que tener más en cuenta lo que son las buenas autopistas (es decir, las que son importantes para la economía local y la población) y las malas (o sea, las que abren fronteras de la selva, fomentan el acaparamiento de tierras y una amplia gama de actividades ilegales, y que están motivadas por razones geopolíticas o de especulación de la tierra). En tanto, las grandes infraestructuras deben evitar las zonas protegidas y los territorios Indígenas.

**La energía y la minería como motor de cambio** En lugar de construir grandes represas, deben aprovecharse fuentes alternativas de energía renovable en la Amazonía, como la energía solar fuera de red<sup>34</sup>, la biomasa y el viento. En los casos en los que las represas son esenciales, habría que enfocarse en centrales hidroeléctricas más pequeñas en el nivel de aguas arriba, a lo largo de los afluentes terciarios que minimicen el impacto en la biodiversidad<sup>35</sup>. La aprobación de nuevos embalses también debería ir acompañada de evaluaciones de impacto detalladas e independientes, y de análisis realistas de la futura producción de energía en diferentes escenarios climáticos<sup>36</sup>. Los esfuerzos por modernizar las centrales hidroeléctricas más antiguas podrían conllevar menores impactos ecológicos y sociales adicionales. Aun así, es probable que el cambio a formas alternativas de energía renovable proporcione mayores beneficios.

La minería del oro es una fuente de mercurio en las aguas de los ríos. Se acumula a lo largo de la cadena alimentaria hasta llegar a los seres humanos, especialmente a las poblaciones que dependen en gran

medida del consumo de pescado, lo que provoca graves daños motrices y neurológicos, incluso en grupos humanos que viven a kilómetros de distancia de las fuentes de contaminación (capítulo 21). Estas actividades, predominantemente ilegales, deben ser frenadas de inmediato. Aunque esté regulada, la minería a gran escala debe tener en cuenta sus impactos indirectos: el aumento en la deforestación hasta 70 km de distancia de la concesión se debe a la migración del hombre (capítulo 19).

**Especies invasoras** El conocimiento sobre los impactos de las especies invasoras en la Amazonía es limitado. Hasta la fecha, la mayoría de los impactos han sido demostrados en los sistemas ribereños que experimentan una mayor presión de propagación de las especies exóticas invasoras. Los ejemplos de entornos acuáticos (carpa y tilapia) y terrestres (*Urochloa arrecta*, también conocida como hierba africana) demuestran la necesidad de mejorar la bioseguridad para detener la propagación de las especies invasoras. La vigilancia puede contribuir a la detección temprana, pero debe ir acompañada de protocolos de bioseguridad eficaces que impidan el transporte de especies invasoras a la Amazonía. Esto requiere una gestión coordinada a gran escala y la estrecha colaboración de los gobiernos estatales y locales.

**Intrusiones humanas: guerras y disturbios** Los motores de deforestación, guerra y conflictos violentos afectan a los bosques y a la biodiversidad de muchos países de América Latina<sup>37-39</sup>. En algunos casos, los conflictos armados provocan un aumento en las tasas de deforestación<sup>39,40</sup> debido principalmente a los cambios en la tenencia de la tierra y a las prácticas agrícolas, incluida la expansión de los cultivos ilícitos<sup>41</sup>. En otros casos, al limitar el acceso al bosque los grupos armados han reducido, inadvertidamente, la explotación forestal<sup>42</sup>, también han impedido el desarrollo de infraestructura, agricultura<sup>43</sup> e incluso han facilitado la recuperación<sup>37</sup>. Las

situaciones de posconflicto requieren una gestión cuidadosa. En Colombia, tras décadas de disturbios, el reciente acuerdo de paz de 2016 amplió las prácticas de desarrollo insostenible, lo que provocó un aumento de la deforestación en algunas zonas fronterizas. Un crecimiento desproporcionado de los incendios fue la primera señal que indicaba la degradación forestal a gran escala<sup>44</sup> y la transformación en el corazón de las principales áreas protegidas de la Amazonía colombiana<sup>45</sup>.

Establecer un control y una gobernanza legítimos en antiguas zonas de conflicto -como en algunas partes de Colombia-, es fundamental para garantizar que las tasas de deforestación no aumenten durante los períodos de transición. En Colombia, esto requiere trabajar con las comunidades locales en los territorios Indígenas y las tierras de propiedad colectiva de los afrocolombianos para establecer objetivos de conservación en el contexto más amplio de las aspiraciones de desarrollo local<sup>41</sup>. Estas actividades se ven socavadas por el asesinato de líderes ambientales y comunitarios en Colombia<sup>46</sup> y el reciente aumento de la superficie cubierta por cultivos ilícitos<sup>45</sup>. Es necesario y debe promoverse el apoyo político, técnico y financiero a los pequeños agricultores para garantizar así la transición de la coca a usos legales de la tierra.

Algunas soluciones se encuentran fuera de la Amazonía. Por ejemplo, la desregulación y la legalización de las drogas en el mundo desarrollado reduciría los ingresos de las pandillas y abriría oportunidades de desarrollo sostenible y conservación en las regiones afectadas por el cultivo y el tráfico<sup>37</sup>.

**Residuos agrícolas, acuícolas e industriales. Desechos plásticos; metales pesados y mercurio** La Amazonía necesita una red de control de calidad del agua que se extienda por las distintas cuencas fluviales, para poder relacionar sus cambios con aquellos en la biodiversidad y las condiciones del

ecosistema. Esto también es clave para las comunidades humanas, dado que los ríos son la principal fuente de agua potable de la región, y que también se consume sin tratar en muchas zonas<sup>47</sup>. Aunque el agua se trata para el consumo en las ciudades Amazónicas, el tratamiento de las aguas residuales es a menudo inexistente o ineficaz y requiere una inversión urgente (véase el capítulo 33). El seguimiento también debe abarcar las zonas industriales y mineras, como Manaus (Amazonas) y Barcarena (Pará), respectivamente, donde las cuencas de residuos industriales suponen un riesgo importante para la salud humana y del ecosistema<sup>48</sup>. La contaminación procedente de estas y otras actividades mineras -especialmente la minería del oro (véase el capítulo 21)-, debe abordarse con actividades eficaces de mando y control. Se necesita una investigación urgente para entender el impacto de los pesticidas en la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, tanto acuáticos como terrestres. Las soluciones pasan por una autorización y selección más rigurosas de los productos químicos y una mejor formación de los agricultores en su uso. Esto es especialmente pertinente en el sur de la cuenca<sup>49</sup>. La contaminación por plásticos es un problema cada vez mayor, y las acciones específicas de cada país (véase el capítulo 28) deben estar respaldadas por una regulación a nivel de cuenca.

**Pequeños embalses derivados de la agricultura y la infraestructura vial** La fragmentación de los cursos de agua en la Amazonía también está asociada a inadecuados cruces de carreteras y alcantarillas. Aunque estas barreras son pequeñas, tienen consecuencias a escala de paisaje para las diferentes especies<sup>50</sup>. Por ejemplo, los pequeños embalses que se crean aguas arriba de las carreteras son un componente importante del cambio de hábitat en el cauce<sup>51</sup>. Los cruces de carreteras inapropiados también aíslan a las poblaciones acuáticas al interrumpir las vías de dispersión<sup>52</sup>, dificultando potencialmente las oportunidades de recolonización tras los

sucesos de extinción<sup>53,54</sup> y cambiando las distribuciones debido al cambio climático<sup>55</sup>. Dado que muchos cruces de carreteras en la Amazonía requieren reparaciones anuales, su sustitución por estructuras menos dañinas (puentes) podría tener una interesante relación costo-beneficio. A pesar de la creciente concientización sobre los beneficios que pueden obtenerse de la adaptación de pequeñas pero generalizadas barreras de arroyos creadas por los cruces de carreteras<sup>56</sup>, las acciones necesarias para llevar a cabo este cambio se ven desalentadas por sus estatus legales. El Consejo de Medio Ambiente de Brasil considera que estas barreras tienen un bajo impacto ambiental (CONAMA, 2006, resolución 369).

**Degradación del ecosistema debido a las interacciones entre factores de estrés** Muchos de los factores de estrés mencionados anteriormente se dan conjuntamente, y un grupo de ellos puede amplificar tanto la prevalencia como el impacto de otros factores de estrés, o crear nuevos problemas. Los incendios forestales son un ejemplo clave de este tipo de interacción, ya que son fomentados por una combinación de factores de estrés locales y climáticos. Aunque la lucha contra el cambio climático sigue siendo una prioridad mundial, se trata de un proceso lento y la prevención de los incendios forestales en las próximas décadas requerirá medidas de conservación que aborden sus causas locales<sup>58</sup>. Las políticas de conservación deben ayudar a los agricultores a adaptar las prácticas agrícolas existentes para evitar el uso del fuego, teniendo en cuenta las perspectivas locales<sup>59</sup>. Los incendios también podrían reducirse evitando la tala ilegal, ya que las altas tasas de extracción y la falta de planificación previa a la tala o de gestión de seguimiento hacen que los bosques talados de forma convencional sean vulnerables a los incendios, debido a los cambios en el microclima<sup>31</sup>. Por último, los incendios forestales pueden advertirse si se mejoran la vigilancia y la previsión en tiempo casi real de la intensidad de la

sequía y el riesgo de incendio, especialmente si se vinculan a brigadas de bomberos locales con recursos y capacidad de respuesta. Las brigadas de bomberos son fundamentales para la gestión eficaz de los parques en la Amazonía boliviana y brasileña, pero siguen careciendo crónicamente de recursos<sup>60</sup>.

**Conclusiones** La conservación de los ecosistemas y las especies de la Amazonía requerirá un amplio conjunto de medidas que aborden las distintas amenazas y riesgos existentes. Estas medidas deben aplicarse a diferentes escalas y jurisdicciones. Por ejemplo, las intervenciones locales y los cambios en las políticas nacionales de los países Amazónicos, que deben estar respaldados por compromisos internacionales, que reduzcan el cambio climático, eliminen la deforestación de las cadenas de suministro y hagan frente al comercio ilegal.

## Referencias

1. Cuneit Koyuncu & Rasim Yilmaz. The Impact of Corruption on Deforestation: A Cross-Country Evidence. *J. Dev. Areas* **42**, 213–222 (2008).
2. Fischer, R., Giessen, L. & Günter, S. Governance effects on deforestation in the tropics: A review of the evidence. *Environ. Sci. Policy* **105**, 84–101 (2020).
3. Zu Ermgassen, E. K. H. J. *et al.* The origin, supply chain, and deforestation risk of Brazil's beef exports. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **117**, 31770–31779 (2020).
4. Ibarra, J. T. *et al.* When formal and market-based conservation mechanisms disrupt food sovereignty: impacts of community conservation and payments for environmental services on an indigenous community of Oaxaca, Mexico. *Int. For. Rev.* **13**, 318–337 (2011).
5. Bragagnolo, C. *et al.* Hunting in Brazil: What are the options? *Perspect. Ecol. Conserv.* **17**, 71–79 (2019).
6. Wilkie, D. S. & Carpenter, J. F. Bushmeat hunting in the Congo Basin: an assessment of impacts and options for mitigation. *Biodivers. Conserv.* **8**, 927–955 (1999).
7. Castello, L., McGrath, D. G. & Beck, P. S. A. Resource sustainability in small-scale fisheries in the Lower Amazon floodplains. *Fish. Res.* **110**, 356–364 (2011).
8. Myers, R. A. & Mertz, G. The limits of exploitation: a precautionary approach. *Ecol. Appl.* **8**, S165–S169 (1998).
9. Marshall, H. *et al.* Characterizing bird-keeping user-groups on Java reveals distinct behaviours, profiles and potential for change. *People Nat.* **2**, 877–888 (2020).
10. Ubaid, F. K. *et al.* Taxonomy, natural history, and conservation of the Great-billed Seed-Finch *Sporophila maximiliani* (Cabanis, 1851)(Thraupidae, Sporophilinae). *Zootaxa* **4442**, 551–571 (2018).
11. Alencar, A. A. C., Solórzano, L. A. & Nepstad, D. C. Modeling forest understory fires in an eastern Amazonian landscape. *Ecol. Appl.* **14**, 139–149 (2004).
12. Blundell, A. G. & Gullison, R. E. Poor regulatory capacity limits the ability of science to influence the management of mahogany. in *Forest Policy and Economics* vol. 5 395–405 (Elsevier, 2003).
13. Richardson, V. A. & Peres, C. A. Temporal Decay in Timber Species Composition and Value in Amazonian Logging Concessions. *PLoS One* **11**, e0159035 (2016).
14. Branch, T. A., Lobo, A. S. & Purcell, S. W. Opportunistic exploitation: An overlooked pathway to extinction. *Trends in Ecology and Evolution* vol. 28 409–413 (2013).
15. Brancalion, P. H. S. *et al.* Fake legal logging in the Brazilian Amazon. *Sci. Adv.* **4**, eaat1192 (2018).
16. Finer, M., Jenkins, C. N., Sky, M. A. B. & Pine, J. Logging concessions enable illegal logging crisis in the peruvian amazon. *Sci. Rep.* **4**, 1–6 (2014).
17. Figueiredo, E. O., D'Oliveira, M. V. N., Locks, C. J. & Papa, D. de A. Estimativa do Volume de Madeira em Pátios de Estocagem de Toras por meio de Câmeras RGB Instaladas em Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP). *Bol. Pesqui. Número 9 - Embrapa* **d**, 1–59 (2016).
18. Degen, B. *et al.* Verifying the geographic origin of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) with DNA-fingerprints. *Forensic Sci. Int. Genet.* **7**, 55–62 (2013).
19. Ros-Tonen, M. A. F. *et al.* Forest-related partnerships in Brazilian Amazonia: there is more to sustainable forest management than reduced impact logging. *For. Ecol. Manage.* **256**, 1482–1497 (2008).
20. Phillips, O. L. *et al.* Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science* **323**, 1344–1347 (2009).
21. Lennox, R. J., Crook, D. A., Moyle, P. B., Struthers, D. P. & Cooke, S. J. Toward a better understanding of freshwater fish responses to an increasingly drought-stricken world. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* vol. 29 71–92 (2019).
22. Marengo, J. A. & Espinoza, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: Causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology* vol. 36 1033–1050 (2016).
23. Barichivich, J. *et al.* Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation. *Sci. Adv.* **4**, eaat8785 (2018).
24. Wright, S. J., Carrasco, C., Calderon, O. & Paton, S. The El Nino Southern Oscillation, Variable Fruit Production, and Famine in a Tropical Forest. *Ecology* **80**, 1632 (1999).
25. Bodmer, R. *et al.* Major shifts in Amazon wildlife populations from recent intensification of floods and drought. *Conserv. Biol.* **32**, 333–344 (2018).
26. Fu, R. *et al.* Increased dry-season length over southern Amazonia in recent decades and its implication for future



- climate projection. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **110**, 18110–18115 (2013).
27. Esquivel-Muelbert, A. *et al.* Compositional response of Amazon forests to climate change. *Glob. Chang. Biol.* **25**, 39–56 (2019).
28. Aragão, L. E. O. C. *et al.* 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nat. Commun.* **9**, 536 (2018).
29. Nobre, C. A. *et al.* Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **113**, 10759–10768 (2016).
30. França, F. M. *et al.* Climatic and local stressor interactions threaten tropical forests and coral reefs. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* vol. 375 (2020).
31. Uhl, C. & Kauffman, J. B. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. *Ecology* **71**, 437–449 (1990).
32. Berenguer, E. *et al.* Tracking the impacts of El Niño drought and fire in human-modified Amazonian forests. *Proc. Natl. Acad. Sci.* (2021).
33. Moser, P., Simon, M. F., Medeiros, M. B., Gontijo, A. B. & Costa, F. R. C. Interaction between extreme weather events and mega-dams increases tree mortality and alters functional status of Amazonian forests. *J. Appl. Ecol.* **56**, 2641–2651 (2019).
34. Sánchez, A. S., Torres, E. A. & Kalid, R. A. Renewable energy generation for the rural electrification of isolated communities in the Amazon Region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* vol. 49 278–290 (2015).
35. Lees, A. C., Peres, C. A., Fearnside, P. M., Schneider, M. & Zuanon, J. A. S. Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. *Biodivers. Conserv.* **25**, 451–466 (2016).
36. Winemiller, K. O. *et al.* Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science* **351**, 128–129 (2016).
37. McSweeney, K. *et al.* Drug Policy as Conservation Policy: Narco-Deforestation. *Science* **343**, 489–490 (2014).
38. Fjeldså, J., Álvarez, M. D., Lazcano, J. M. & León, B. Illicit Crops and Armed Conflict as Constraints on Biodiversity Conservation in the Andes Region. *AMBIO A J. Hum. Environ.* **34**, 205–211 (2005).
39. McNeely, J. A. Conserving forest biodiversity in times of violent conflict. *Oryx* **37**, 142–152 (2003).
40. Hanson, T. *et al.* Warfare in Biodiversity Hotspots. *Conserv. Biol.* **23**, 578–587 (2009).
41. Negret, P. J. *et al.* Emerging evidence that armed conflict and coca cultivation influence deforestation patterns. *Biol. Conserv.* **239**, 108176 (2019).
42. Dávalos, L. M. The San Lucas mountain range in Colombia: how much conservation is owed to the violence? *Biodivers. Conserv.* **10**, 69–78 (2001).
43. Reardon, S. FARC and the forest: Peace is destroying Colombia's jungle - and opening it to science. *Nature* **558**, 169–170 (2018).
44. Murillo-Sandoval, P. J., Dexter, K. Van, Hoek, J. Van Den, Wrathall, D. & Kennedy, R. The end of gunpoint conservation: forest disturbance after the Colombian peace agreement. *Environ. Res. Lett.* **15**, 34033 (2020).
45. Armenteras, D. *et al.* Curb land grabbing to save the Amazon. *Nat. Ecol. Evol.* **3**, 1497–1497 (2019).
46. UN. *World Report 2021: Colombia*. Human Rights Watch <https://www.hrw.org/world-report/2021/country-chapters/colombia> (2021).
47. Fenzl, N. & Mathis, A. Pollution of natural water resources in Amazonia: Sources, risks and consequences. *Issues local Glob. use water from Amaz. Montevideo, UNESCO* 57–76 (2004).
48. Medeiros, A. C. *et al.* Quality index of the surface water of Amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil. *Mar. Pollut. Bull.* **123**, 156–164 (2017).
49. Lathuilière, M. J., Coe, M. T., Castanho, A., Graesser, J. & Johnson, M. S. Evaluating water use for agricultural intensification in Southern Amazonia using the Water Footprint Sustainability Assessment. *Water* **10**, 349 (2018).
50. Schiesari, L., Ilha, P. R., Negri, D. D. B., Prado, P. I. & Grillitsch, B. Ponds, puddles, floodplains and dams in the Upper Xingu Basin: could we be witnessing the 'lentification' of deforested Amazonia? *Perspect. Ecol. Conserv.* (2020) doi:10.1016/j.pecon.2020.05.001.
51. Leal, C. G. *et al.* Multi-scale assessment of human-induced changes to Amazonian instream habitats. *Landsc. Ecol.* **31**, 1725–1745 (2016).
52. Perkin, J. S. & Gido, K. B. Fragmentation alters stream fish community structure in dendritic ecological networks. *Ecol. Appl.* **22**, 2176–2187 (2012).
53. Schumann, D. A., Haag, J. M., Ellensohn, P. C., Redmond, J. D. & Graeb, K. N. B. Restricted movement of prairie fishes in fragmented riverscapes risks ecosystem structure being ratcheted downstream. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* **29**, 235–244 (2019).
54. Wilkes, M. A. *et al.* Not just a migration problem: Metapopulations, habitat shifts, and gene flow are also important for fishway science and management. in *River Research and Applications* vol. 35 1688–1696 (John Wiley and Sons Ltd, 2019).
55. Comte, L., Muriene, J. & Grenouillet, G. Species traits and phylogenetic conservatism of climate-induced range shifts in stream fishes. *Nat. Commun.* **5**, 1–9 (2014).
56. O'Shaughnessy, E., Landi, M., Januchowski-Hartley, S. R. & Diebel, M. Conservation leverage: Ecological design culverts also return fiscal benefits. *Fisheries* **41**, 750–757 (2016).
57. CONAMA. *Resolução Conama Nº 369, de 28 de março de 2006*. (2006).
58. Barlow, J., Berenguer, E., Carmenta, R. & França, F. Clarifying Amazonia's burning crisis. *Glob. Chang. Biol.* **26**, 319–321 (2020).

59. Carmenta, R., Vermeylen, S., Parry, L. & Barlow, J. Shifting Cultivation and Fire Policy: Insights from the Brazilian Amazon. *Human Ecology* vol. 41 603–614 (2013).
60. Nóbrega Spínola, J., Soares da Silva, M. J., Assis da Silva, J. R., Barlow, J. & Ferreira, J. A shared perspective on managing Amazonian sustainable-use reserves in an era of megafires. *J. Appl. Ecol.* **57**, 2132–2138 (2020).