

Mejorando las áreas protegidas para conservar la biodiversidad silvestre

Pringle, R.M. Upgrading protected areas to conserve wild biodiversity. *Nature*. 2017 June 1; 546(7656): 91–99.

Robert M. Pringle^{1,2,3}

¹Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University, Princeton New Jersey, 08544 EEUU

²Junta Directiva, The Gorongosa Project, Provincia de Sofala, Mozambique

³Junta Directiva, Guanacaste Dry Forest Conservation Fund. Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica
rpringle@princeton.edu

Translation/Traducción

Sandra I. Berríos Torres

Mejorando las áreas protegidas para conservar la biodiversidad silvestre

Robert M. Pringle^{1,2,3}

¹Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University, Princeton New Jersey, 08544 EEUU

²Junta Directiva, The Gorongosa Project, Provincia de Sofala, Mozambique

³Junta Directiva, Guanacaste Dry Forest Conservation Fund. Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica

Traducción Sandra I. Berríos Torres

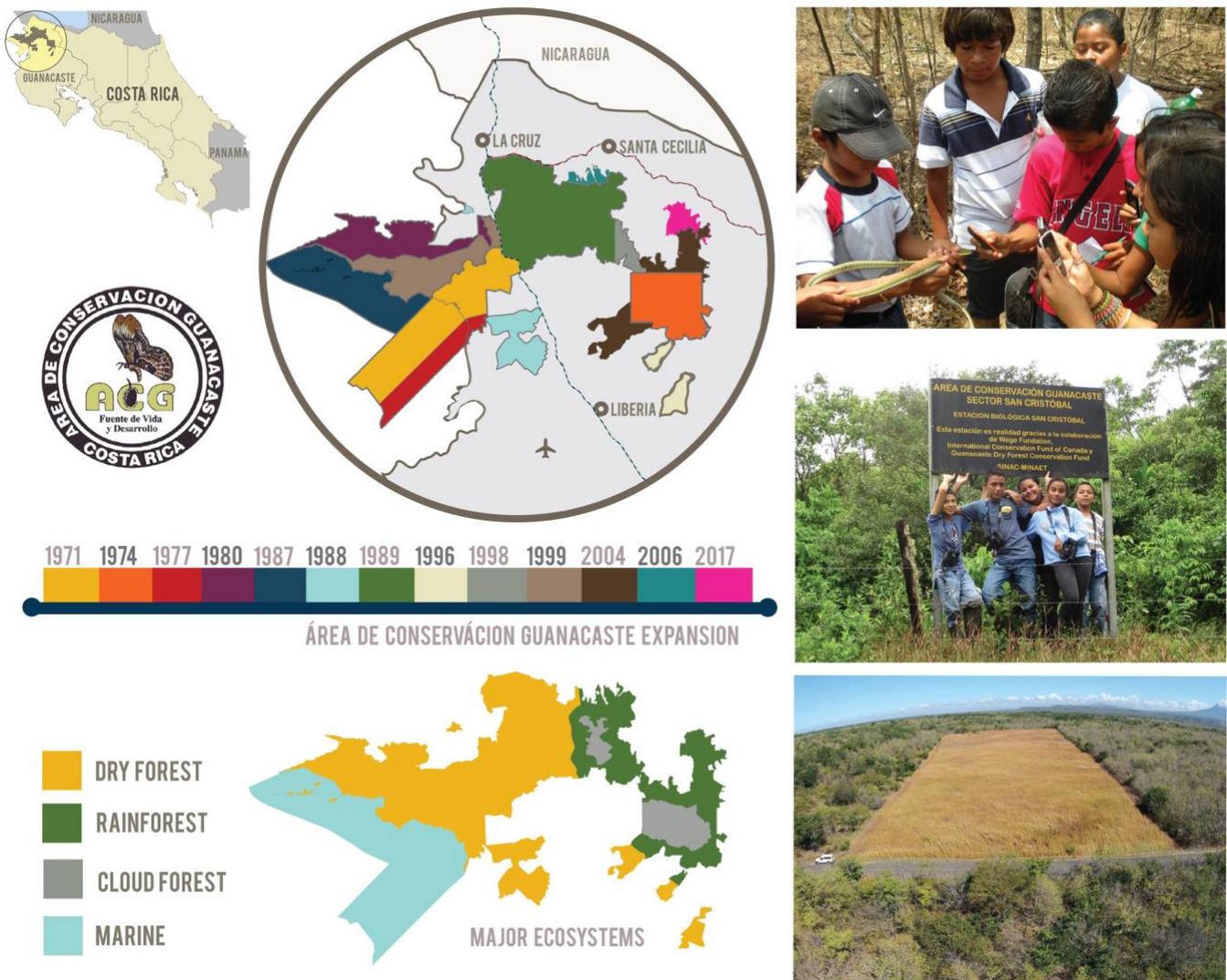
Convenios internacionales dictan un mandato para la expansión de la red de áreas protegidas de la Tierra como un baluarte contra la extinción continua de poblaciones silvestres, de especies, y de ecosistemas. Sin embargo, muchas áreas protegidas están insuficientemente financiadas, mal manejadas, y ecológicamente dañadas; el enigma lo es el cómo aumentar su cobertura y su efectividad, simultáneamente. Programas de restauración y de resilvestrar (de volver a un ecosistema a su estado salvaje o ‘rewilding’ en inglés) en el Área de Conservación Guanacaste de Costa Rica y en el Parque Nacional da Gorongosa de Mozambique resaltan cómo los ecosistemas degradados pueden ser rehabilitados, expandidos, e integrados al tejido cultural de la sociedad. A nivel mundial, se puede realizar un enorme potencial para la conservación de la biodiversidad mejorando las reservas naturales existentes, a la vez, armonizando a las mismas con las necesidades y las aspiraciones de su comunidad.

Las poblaciones silvestres y las especies están desapareciendo rápidamente, abriendo paso a una sexta extinción antropogénica en masa¹⁻⁶. Las áreas protegidas – los terrenos y las aguas que son legalmente designadas y manejadas para la conservación de la naturaleza a largo plazo – son la base de los esfuerzos de restañar esta hemorragia⁷. Sin embargo, los estudios demuestran que la red global de áreas protegidas existente – a pesar de haberse triplicado en tamaño en los últimos 40 años^{7,8} – es insuficiente para prevenir la merma continua de la biodiversidad⁹⁻¹¹. Por lo tanto, hay una necesidad urgente de agrandar el patrimonio de áreas protegidas, de aumentar su traslape con ecosistemas amenazados y con especies en peligro, y de reconciliar estos objetivos con cambios de uso de tierras proyectados a medida que la población humana aumenta a unos 11 billones de personas, y más¹².

Esta urgencia se refleja en los ámbitos de derecho internacional y de investigaciones en ciencia de la conservación. El Convenio sobre la Diversidad Biológica, el cual está ratificado por

casi todas las naciones, estipula en su Meta de Aichi 11 para la Diversidad Biológica que “para el año 2020, al menos un 17% de las zonas terrestres y de las aguas interiores, y el 10% de las zonas costeras y marinas [deberán ser] conservadas por medio de sistemas de áreas protegidas bien conectados, ecológicamente representativos, administrados de manera eficaz y equitativa, ecológicamente representativos y a través de otras medidas de conservación eficaces basadas en áreas”¹³. Mientras tanto, científicos de la conservación han desarrollado herramientas sofisticadas para la planificación sistemática de la conservación¹⁴, la cual busca priorizar nuevos lugares para proteger, teniendo en cuenta la distribución de especies, ecosistemas, amenazas, y costes^{10,11,15-23}. Estos esfuerzos proveen una fundación científica – aunque no el recurso económico y político – para guiar la expansión continua de la red global de áreas protegidas hacia las metas acordadas.

La ciencia es algo menos clara con respecto al criterio – dictado por el sentido común y por la Meta de Aichi 11 para la Diversidad Biológica –



que las áreas protegidas tienen que ser manejadas de manera eficaz y equitativa. Estas cualidades no son fácilmente medidas²⁴, y la data relevante son escasas, a pesar de un empuje creciente a cuantificar los impactos de medidas de la conservación²⁵⁻³³. De acuerdo a un estudio del 2013, “Permanece una base de evidencia limitada, y un débil entendimiento sobre las condiciones bajo las cuales las áreas protegidas tienen éxito o fracasan en dar resultados de conservación”³⁴.

No hay duda de que las áreas protegidas pueden proteger a poblaciones y a hábitats de manera efectiva³⁵⁻³⁸ y cada vez se hace más claro el que, la mayoría de las veces, sí lo hacen. Análisis globales demuestran que la biodiversidad local es mayor³⁹, que las tasas de conversión del paisaje son menores⁴⁰, y que las tendencias de las poblaciones de vida silvestre generalmente son estables o están

Pringle, R.M. Upgrading protected areas to conserve wild biodiversity. *Nature*. 2017 June 1; 546(7656): 91–99.

en aumento⁴¹ dentro de las áreas protegidas. Similarmente, hay evidencia creciente de que las áreas protegidas frecuentemente reducen la pobreza y aumentan el bienestar de las poblaciones rurales^{26,27,42}. A medida que el número de visitantes a las áreas protegidas ha aumentado en muchos países tropicales en desarrollo⁴³, el turismo basado en la naturaleza ha surgido como una fuente dominante de intercambio extranjero, levantando a las economías nacionales y dándole forma a las tomas de decisiones de los líderes políticos^{7,44}.

Además, aún existe una marcada heterogeneidad en el grado al que las áreas protegidas individuales están logrando estos objetivos biológicos y de desarrollo humano. Áreas protegidas en países ricos y en países más pobres, están insuficientemente financiadas de manera crónica y están acosadas por una miríada de retos políticos y logísticos⁷, y poblaciones de muchas especies están disminuyendo dentro de áreas protegidas individuales⁴⁵, a través de naciones⁴⁶ y de continentes⁴⁷ enteros. De acuerdo a datos basados en un estimado, durante los últimos 20-30 años, aproximadamente la mitad de las áreas protegidas a nivel mundial han sufrido una deterioración drástica y una pérdida de biodiversidad³⁸, con muchas de ellas funcionando como poco más que ‘parques de papel’ – protegidos en las leyes y en los mapas, pero no en la práctica⁴⁸. Y hasta áreas protegidas exitosas están en peligro por un apoyo político en deterioro y por una aparente tendencia global a su “desincorporación, disminución de categoría y de superficie”^{49,50}.

Científicos, legisladores, e inversionistas en la conservación deben, por lo tanto, enfrentar una pregunta polémica: ¿cómo debemos dividir los esfuerzos y los recursos entre el doble imperativo de establecer nuevas áreas protegidas y de mejorar áreas ya establecidas de tal manera que estén bien administradas, que sean apoyadas a nivel social, y ecológicamente coherentes? Esta pregunta no tiene una respuesta sencilla o singular, pero el evitarla arriesga un resultado lúgubre: un uso intensivo de recursos para cumplir las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica por medio de la creación de nuevas áreas protegidas que carecen del capital financiero, social, y político para ser exitosas en perpetuidad – y los cuales privan todavía más a las áreas protegidas preexistentes de fondos y de

atención. El crear un patrimonio global de áreas protegidas vasto pero disfuncional estropearía la letra y el espíritu del Convenio sobre la Biodiversidad Biológica tanto como el fracasar con expandir el patrimonio.

Ofrezco tres observaciones. Primero, se puede realizar un enorme potencial para la conservación de la biodiversidad resucitando áreas protegidas establecidas pero degradadas y usándolas como núcleos para expansión periférica – un programa estratégico de mejoramiento y de agrandamiento para contrarrestar recientes tendencias en dirección opuesta^{49,50}. Segundo, para ilustrar la plausibilidad y el poder de esta estrategia, repaso la evolución convergente de dos áreas protegidas en contextos socio-ecológicos radicalmente diferentes: el Área de Conservación Guanacaste (ACG) en el noroeste de Costa Rica y el Parque Nacional da Gorongosa (PNG) en la provincia Sofala de Mozambique. Aunque las acciones específicas que se han empleado para rehabilitar estas áreas protegidas son, por necesidad, basadas en el lugar, dependientes del contexto y evolucionando continuamente, sus filosofías subyacentes y sus estrategias pueden ser generalizadas y aplicadas a nivel mundial. Tercero, necesitamos una agenda de investigación la cual evalúe, explícitamente, el libro mayor de los costos, beneficios, y de concesiones mutuas – ambos biológicos y socio-económicos – asociados con el crear nuevas áreas protegidas versus el mejorar las viejas.

Mejorando y agrandando a las áreas protegidas

¿Qué puede hacerse con las áreas protegidas que están severamente degradadas, insuficientemente financiadas, o las cuales son demasiado de pequeñas y están demasiado de aisladas como para conservar poblaciones y ecosistemas viables? Se ha sugerido que el dinero economizado al abandonar a las áreas de bajo rendimiento pudiese ser utilizado para crear nuevas y mejores áreas²⁰ - una estrategia llamada ‘*trade-in to trade-up*’ (o el canje por algo de mayor valor)⁵¹. Aunque tales argucias pueden, en teoría, amentar la eficiencia, los obstáculos prácticos a su implementación frecuentemente serán prohibitivos (o

prohibitivamente costosos como para poder superar).

Esto sugiere el que no deberíamos precipitarnos a abandonar a las áreas protegidas de bajo rendimiento. El término ‘parque de papel’ se usa como una calificación peyorativa para describir áreas protegidas disfuncionales, pero la mera existencia de un área natural protegida en papel no es un activo trivial⁵². La degradación ecológica se puede detener y se puede revertir, y estructuras de manejo se pueden revisar, encaminando a ecosistemas en trayectorias hacia la recuperación. Una ‘recuperación’ completa pueda requerir siglos, y aún entonces, el estado recuperado pueda que no se parezca al estado pre-disturbio; no obstante, los sistemas en recuperación rinden mucho del fruto que buscamos cosechar de las áreas protegidas, incluyendo poblaciones viables de vida silvestre, valor estético y recreativo, y utilidades tales como el agua limpia⁵³⁻⁵⁵. Además, hasta las más pequeñas áreas protegidas pueden ser agrandadas y unidas con otras, así aumentando la cantidad y la conectividad del área conservada y consolidándola en unidades de administración más manejables. Es probable el que expandir a una entidad legal establecida vaya a ser políticamente más aceptable, vaya a llevar costes de transacción más bajos, y vaya a ser menos disruptivo a las comunidades humanas comparado a lo que lo sería la creación de una nueva entidad.

Dos casos prácticos resaltan las profundas ganancias que se pueden obtener en la conservación resucitando a los ecosistemas dañados y estratégicamente agrandando las áreas protegidas de alto funcionamiento que quedan a su alrededor. Aunque estos esfuerzos están evolucionando independientemente, en reacción a presiones selectivas de tiempo y de lugar, han convergido en principios rectores similares, los cuales colectivamente entrelazan diversos hilos del pensamiento contemporáneo (y todavía no contemporáneo) sobre la conservación.

El Área de Conservación Guanacaste

El ACG de Costa Rica comprende 1260 kilómetros cuadrados de bosque seco tropical, bosque lluvioso, y bosque nuboso, junto con 430 kilómetros cuadrados de área marina protegida adyacente (Fig. 1). Sirve de hogar a más de 375 000 especies

macroscópicas, las cuales representan aproximadamente un 65% de la biodiversidad terrestre de Costa Rica y un 2.4% de la biodiversidad terrestre de la Tierra.

En 1966, Costa Rica decidió crear un sitio histórico nacional y un área de recreación en la Hacienda Santa Rosa, un rancho de unos 400 años, de mulas y de ganado, en donde las fuerzas armadas costarricenses habían repelido a varios intentos de invasión por parte de Nicaragua. A recomendación de biólogos, este antiguo campo de batalla se convirtió, en 1971, en el núcleo de un nuevo parque nacional, el Parque Nacional Santa Rosa^{56,57}. Este parque abarcaba aproximadamente unos 100 kilómetros cuadrados de viejos pastos con pedazos y bandas de relictos de bosque seco neotropical – un ecosistema ya amenazado debido a la facilidad con la cual se puede aclarar para uso agro-pastoral⁵⁸-junto con un pedazo de área marina protegida de 230 kilómetros cuadrados.

Los pastizales entre los retazos de fragmentos de bosque seco eran dominados por el exótico pasto de sabana africana *Hyparrhenia rufa*, el cual originalmente fue importado a Costa Rica para su uso como forraje para el ganado⁵⁶. Este tejido de retazos de pastizal y bosque fue creado por incendios prendidos por parte de los leñadores y los rancheros durante la estación seca, y entonces mantenidos y expandidos por una mezcla de quema regular, de supresión de plántulas de árboles por parte de los pastos, y por el consumo y pisoteo de algunas plántulas por parte de las vacas⁵⁹. En 1977, cuando las 2000 cabezas de ganado restante fueron removidas del parque, en un intento de aumentar su “naturaleza,” la biomasa del pasto se acumuló y los fuegos arrasaron fuera de control. Para mediados de la década de los ochenta, los biólogos Daniel Janzen y Winnie Hallwachs se dieron cuenta de que pronto, estos incendios eliminarían los pocos retazos de bosque intacto y buscaron permiso del gobierno costarricense para implementar, a la misma vez, un programa de restauración forestal del bosque seco. Esto requirió el reclutar a una brigada de bomberos forestales, compuesta por residentes del parque, dedicada al control y a la eliminación de incendios en el parque, y el permitir la dispersión natural de semillas por parte del viento y de los animales para sembrar a varios miles de especies de árboles, arbustos, y lianas a lo largo de

cientos de kilómetros cuadrados de pastizales y de viejos campos abandonados⁵⁷. Las plantas leñosas que empezaron a establecerse excluyeron cada vez más a los pastos que habían alimentado a los incendios, lo cual inició un proceso de recuperación sucesional (Fig. 1).

Las tierras rodeando a Santa Rosa se les compraron a terratenientes privados en el mercado abierto y fueron incorporadas a lo que emergió como una nueva entidad legal y administrativa: el ACG^{56,57,60}. Janzen y Hallwachs obtuvieron fondos para estas compras de una gran variedad de fuentes, incluyendo unas dos terceras partes de sus propios salarios universitarios. En 1997, Janzen fue galardonado con el Premio Kioto en Ciencias Básica y utilizó el premio de 50 millones de yen (\$430 000 USD) para incorporar el Guanacaste Dry Forest Conservation Fund (GDFCF), una organización estadounidense sin fines de lucro que tiene como objetivo el promover la supervivencia a largo plazo del ACG. GDFCF ahora sirve como la rama de apoyo benéfico del ACG, y administra un legado en crecimiento con el propósito de otorgar sostenibilidad financiera en perpetuidad. Donativos y pagos para servicios de ecosistema que fluyen a través de GDFCF apoyan a los inventarios de biodiversidad, los costos de mantenimiento, y la compra de equipos, añadiendo así unos \$1.5 millones USD a los \$3.5 millones USD asignados por el gobierno.

Cuando Costa Rica decretó dos parques nacionales más en los pendientes que yacen al este de Santa Rosa – el Parque Nacional Rincón de la Vieja en 1977 y el Parque Nacional Guanacaste en 1989 – la misma estrategia de compra de tierras fue utilizada para comprar la parte de las fincas dentro de y entre los tres parques. La restauración del bosque lluvioso en estas áreas más mojadas fue impulsada por el sembradío de *Gmelina arborea*, un árbol de rápido crecimiento, de plantaciones de pulpa para papel, para sombrear los pastos y proveer techo a los animales dispersantes de semillas y a las plántulas de árboles reacias a las condiciones cálidas y secas⁵⁶⁻⁵⁷. De esta manera, pedazo a pedazo, el ACG fue crecido de los 100 kilómetros cuadrados de una mezcla de bosque degradado y pastizales inicial, a su tamaño actual (Fig. 1.) En 1999, el área fue designada Sitio Patrimonio Mundial otorgado por la Convención de

Patrimonio de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia, y la Cultura (UNESCO); recibe unos 125 000 turistas internacionales anualmente y provee agua a más de 200 000 personas.

Este crecimiento progresivo y esta interconexión también han realizado la coherencia ecológica del ACG, el cual ahora abarca ecosistemas marinos, isleños, costales, de agua dulce, de bosque seco, de bosque lluvioso y de bosque nuboso, así como muchos intergrados (Fig. 1). Tal amplitud es crucial. Miles de las especies del área migran entre múltiples ecosistemas de manera estacional o intergeneracional y requieren de todos ellos para su persistencia. Otras ‘especies,’ las cuales anteriormente se pensaban ser especies migrantes que cruzaban ecosistemas, ahora se conocen el comprender poblaciones de bosque seco y de bosque mojado genéticamente diferenciadas, en distintas trayectorias evolucionarias⁶¹ – una forma de biodiversidad críptica, cuya conservación requiere múltiples tipos de bosques. Y a medida que el cambio climático inexorablemente aumenta las temperaturas, elimina al bosque nuboso, y perturba la estacionalidad a lo largo del ACG, los refugiados de especies de tierras bajas están, cada vez más, trasladándose hacia arriba en los pendientes^{56,62}.

Desde su comienzo, una meta explícita lo ha sido el integrar al ACG al tejido social local, regional, nacional, y global^{63,64}. Se ha convertido *de rigueur* en discusiones sobre la conservación de la biodiversidad internacional, el afirmar la importancia de envolver y de servir a la ciudadanía local⁶⁵, pero este precepto frecuentemente es expresado en términos de bienestar material – la conservación no debe obstruir el alivio a la pobreza⁶⁶. La ‘restauración biocultural’⁶³ del ACG se distingue por el esfuerzo no solo de proveer empleo (todos los 150 empleados son ciudadanos de Costa Rica) y de salvaguardar a los servicios de ecosistema (por ejemplo, el suministro de agua a la ciudad de Liberia), pero también de reestablecer las conexiones intelectuales y emocionales entre una sociedad que se está urbanizando y la biodiversidad con la cual cada vez más pierde contacto^{64,67}. Para promover la bioalfabetización⁶⁸, cada año, el ACG se extiende como un aula para unos 2000 estudiantes de escuelas locales (Fig. 1), con la

esperanza de que los niños que logran obtener tal exposición sean más propensos a sustentar la existencia de áreas silvestres conservadas cuando crezcan a ser votantes y contribuyentes⁶⁵. Inventarios de biodiversidad son emprendidos con la idea de que las personas van a querer conservar lo que pueden usar (o lo que los divierte), y que la habilidad de utilizar a la biodiversidad silvestre de manera sostenible (o el ser entretenidos por sus dramas, comedias, y suspenso) requiere el por lo menos estar dispuesto a encontrar al teatro y el identificar a los personajes. Los especímenes de estos inventarios son preservados y catalogados con códigos de barras de ADN (secuencias diagnósticas cortas de ADN), con un ojo hacia el futuro en el cual aparatos portables permitan la identificación de especies *in situ* (en su lugar original) y el acceso inalámbrico a la información sobre la historia natural de las mismas – y, por lo tanto, la democratización del conocimiento que actualmente está confinado a un pequeño y encogiéndose número de biólogos y aficionados.⁶⁹ Y estos especímenes son recogidos y sorteados por los parataxónomos, proveyendo así a personas reclutadas localmente con subsistencias intelectualmente ricas, a la misma vez creando y apoderando guardianes y defensores de la biodiversidad⁷⁰⁻⁷³.

El Parque Nacional da Gorongosa

Creado por administradores coloniales portugueses en 1960, el PNG de 3700 kilómetros cuadrados una vez fue promocionado como uno de los parques más espectaculares del África, debido a sus pintorescas sabanas y sus pintorescos bosques y a las enormes manadas de fauna silvestre que vagaban en las praderas de su valle del Rift. Durante la guerra post-colonial de Mozambique (1977-1992), en la cual cientos de miles de personas fueron asesinadas, hostilidades arrasaban dentro y alrededor del parque⁷⁴; este conflicto, y la pobreza devastadora que persistió después de terminar la lucha, extinguió a más de un 90% de los mamíferos grandes del parque⁷⁵. Desde el 2004, el Gorongosa Restoration Project (ahora el Gorongosa Project) ha buscado rehabilitar al PNG y transformarlo en un motor de desarrollo humano y económico⁷⁶ (Fig. 2).

Incluso antes de haberse negociado la paz en Mozambique en 1992, su presidente en ese momento, Joaquim Chissano, ya estaba pensando en cómo revitalizar las áreas protegidas del país y cómo usar un turismo basado en la naturaleza para hacer uso de la recuperación económica posguerra. Con su contemporáneo, Nelson Mandela, Chissano ayudó a establecer el trabajo preparatorio para la creación de grandes áreas de conservación transfronterizas (también conocidas como parques de la paz) – grandes áreas protegidas que abarcan a más de un país. Chissano pensó que el PNG podía servir como un tipo de parque doméstico de la paz, dada su centralidad al conflicto civil y su potencial de atraer turistas internacionales. Sin embargo, la fauna silvestre del parque había sido devastada por la guerra^{77, 78} y la década de 1994 a 2004 vio un mínimo de recuperación: las poblaciones estimadas de la mayoría de las especies se mantuvieron en decenas o cientos (comparado a miles de ellas en la parte temprana de la década de los setenta⁷⁹), y algunas especies, incluyendo el búfalo cafre o africano (*Syncerus caffer*) y la cebrá (*Equus quagga*), no fueron detectados en lo absoluto⁸⁰. Además, las carreteras e infraestructura de los parques habían sido reducidas a solo escombros.

En el 2002, Chissano conoció al empresario y filántropo estadounidense Gregory Carr, fundador del Carr Center for Human Rights Policy en la Universidad de Harvard, y lo invitó a participar en la restauración del PNG. Un acuerdo de co-manejo entre la Gregory C. Carr Foundation y el gobierno de Mozambique fue firmado en el 2008⁸¹, exigiendo una estrategia administrativa basada en la ciencia y el establecimiento de una industria turística sostenible. La educación, las subsistencias, y la buena vecindad figuraron de manera prominente en este acuerdo: se fundó un departamento de relaciones comunitarias para establecer contactos con representantes comunitarios, para supervisar la partición de 20% de los ingresos del parque, reclutar a empleados locales, y garantizar acceso local (por ejemplo, gestionando para que estudiantes de aldeas vecinas tuviesen excursiones educativas al parque (Fig. 3)).

La recuperación de la fauna silvestre ha acelerado desde el 2004, con la biomasa total de mamíferos grandes en el 2016 llegando a un 80% de los estimados preguerra; sin embargo, la

composición de especies ha cambiado marcadamente. Varias especies de antílopes de tamaño mediano ahora exceden su densidad de población preguerra, mientras que otras se mantienen suprimidas (Fig. 2). El león (*Panthera leo*) es ahora la única población residente de carnívoro grande, con por lo menos 65 individuos en el 2017 (comparado con aproximadamente 200 antes de la guerra). Otros depredadores ápices que son cruciales para el funcionamiento del ecosistema⁸², incluyendo al leopardo (*P. pardus*), la hiena (*Crocuta crocuta*) y el perro salvaje africano o licaón (*Lycaon pictus*), continúan localmente extintos. Sin embargo, las trayectorias de poblaciones van en aumento para casi todas las especies de mamíferos grandes, debido en gran parte al crecimiento natural de poblaciones que todavía quedan; la reintroducción suplementaria del búfalo cafre o africano, del ñu (*Connochaetes taurinus*), del antílope eland común (*Taurotragus oryx*), del elefante (*Loxodonta africana*), y del hipopótamo (*Hippopotamus amphibius*) han aumentado los números marginalmente y pueden haber añadido una importante biodiversidad genética. Científicos y parataxónomos afiliados con el PNG están monitoreando las dinámicas de recuperación y compilando inventarios de especies por medio de cuentas de la fauna silvestre⁸³ y encuestas de biodiversidad, y otros investigadores están estudiando los legados de la guerra y de la restauración en las interacciones de las especies y en los procesos ecológicos^{75,84,84}.

A la vez que sus comunidades de fauna silvestre se vuelven a ensamblar, el PNG se ha enfocado en establecer conexiones e interdependencias con comunidades de personas locales – especialmente con los 175 000 residentes de la zona de amortiguamiento (zona ‘buffer’ en inglés) de 5400 kilómetros cuadrados que rodea al parque. Más de 85% de los 500 empleados fijos del parque (y todos sus 60 a 100 empleados temporeros) son reclutados localmente. Cada año se le provee transporte y comidas a más de 2500 niños locales durante las visitas educativas de día completo (Fig. 3). Equipos móviles de profesionales de salud mozambiqueños, los cuales son organizados y fundados por el Gorongosa Project, pero empleados por el Ministerio de Salud de Mozambique, implementan la estrategia

nacional de asistencia sanitaria rural del país en la zona de amortiguamiento; en el 2016, estos equipos vacunaron a más de 4600 niños, proveyeron más de 2400 mosquiteros, trataron a más de 1700 casos de malaria (paludismo) y proveyeron más de 1700 consultas de cuidado prenatal. Sesenta y cinco agentes comunitarios de salud provenientes de aldeas locales suplen información sobre la planificación familiar, anticonceptivos, y recomendaciones sobre nutrición infantil a miles de hogares, según la política nacional de Mozambique. Se han construido cuatro aulas. En el 2016, el Gorongosa Project proveyó asistencia agrícola y de agrosilvicultura a unos 4000 pequeños agricultores y paga a precio de mercado para comprar maíz y frijoles sobrantes, los cuales puede volver a venderle a los agricultores, si fuese necesario, para mitigar los impactos de los impactos climáticos y de la escasez. El proyecto ha otorgado becas a por lo menos unos 12 jóvenes (hembras y varones), haciendo posible el que ellos puedan obtener grados universitarios en campos de estudio tales como la agricultura, el manejo de la vida silvestre, la historia ambiental, y el periodismo. Científicos del Gorongosa Project están asociándose con universidades mozambiqueñas, para juntos desarrollar programas posgraduados en biología de la conservación.

El éxito mixto y los muchos fracasos de intentos anteriores a integrar la conservación y el desarrollo humano – especialmente en el África – están bien documentados^{86,87}. Frecuentes criticismos a tales intervenciones incluyen: el que los élites locales tienden a acorralar los recursos y las oportunidades; el que una genuina participación comunitaria es algo elusiva; el que programas verticales de bienestar frecuentemente son concebidos e implementados con un entendimiento insuficiente (y a veces gravemente distorsionado) de subsistencias existentes y de estrategias de gestión de recursos; el que medidas de conservación ocasionalmente han sido excluyentes o punitivas, provocando resentimiento local y resistencia; y que iniciativas a menudo carecen de mecanismos integrados para sostenibilidad y son por lo tanto, efímeras^{86,87}. Estos problemas son fáciles de señalar pero difíciles de solucionar. La excepcional duración del Gorongosa Project (el acuerdo inicial de 20 años fue extendido unos 25

años más en el 2016⁸⁸) y el compromiso de hacer posible el que las aproximadamente 7500 personas que residen en el parque continúen viviendo allí (según el derecho internacional y mozambiqueño) pueda que ayude a evitar estos malos pasos históricos. Además, el Gorongosa Project está colaborando con el gobierno de Mozambique, con científicos sociales, y con profesionales de salud pública para conducir un sondeo detallado de las viviendas en la zona de amortiguamiento, la cual tiene como objetivo el informar la política de manejo y el proveer una línea base para medir el progreso futuro hacia las metas de desarrollo humano²⁸.

Sondeos ecológicos en la década de los sesenta resaltaron la importancia biológica e hidrológica del monte Gorongosa, un macizo aislado de 1800 metros que apoya a bosques afro-montanos y a antiguas praderas, el cual genera una precipitación orográfica que nutre las corrientes que fluyen hacia el PNG⁷⁹. Además de suplir a las personas con agua dulce, estas entradas de agua también impulsan la inundación estacional del lago Urema del parque, la cual a su vez crea fértiles praderas que sostienen a la fauna silvestre del parque. En el 2010, el parque fue expandido para incluir a todas las partes del monte Gorongosa sobre una elevación de 700 metros; simultáneamente, una tajada fina de tierra, de 14 kilómetros cuadrados y densamente poblada en el noroeste del parque, fue eliminada. Este trueque – en efecto, un uso de la estrategia de *'trade-in to trade-up'* (o el canje por algo de mayor valor)^{20,51} – rindió una expansión neta de 353 kilómetros cuadrados, proveyendo protección legal a ecosistemas regionales raros o vulnerables y a especies endémicas de plantas, lagartos, y crustáceos (y probablemente también para especies migratorias, como en el ACG). Existe un potencial considerable para el crecimiento seguido del PNG, el cual a la larga podría conectar al parque con la Reserva Nacional de Marrómeu, reserva costera de 1500 kilómetros cuadrados y el río Zambeze, mejorando así el estatus de conservación de varias concesiones escasamente pobladas, arrendadas en privado y conectando las áreas con pasillos de tierra (Fig. 2). Planes ya están en marcha para mejorar a Coutada 12, una reserva de caza privada de 2000

kilómetros cuadrados, la cual agrandaría al parque un 50%⁸⁹.

A pesar de que el presupuesto anual de \$9 millones USD del PNG todavía es suministrado por un consorcio de donantes, el acuerdo de co-manejo del parque prevé una transición hacia un modelo financiero en donde se sostiene por sí mismo, apoyado por un turismo basado en la naturaleza. Realizar esta visión requerirá la recuperación continua de las poblaciones de mamíferos grandes, la repatriación de las todavía ausentes especies ápices de carnívoros, estabilidad política, el desarrollo económico e infraestructural continuo y, sobre todo, la solidificación de una simbiosis mutualista entre el parque y sus vecinos humanos. Estos objetivos son puestos en peligro por un número de amenazas, incluyendo: la trampa ilegal que amenaza a poblaciones de fauna silvestre; los conflictos presentes y futuros entre los humanos y la fauna silvestre, entre los agricultores locales y los elefantes que saquean los cultivos; y las altas tasas de mortalidad infantil, la malnutrición infantil, el analfabetismo, la malaria (el paludismo) y otras secuelas de la pobreza. A estos fines, el Gorongosa Project emplea entradas financieras e intelectuales de una colección diversa de colaboradores – más importante aún, del gobierno de Mozambique, el cual reconoció los importantes vínculos entre la conservación y el bienestar rural transfiriendo, en el 2015, la supervisión de los parques nacionales del Ministerio de Turismo al Ministerio de Tierra, Ambiente, y Desarrollo Rural. Ayuda internacional por parte de los Estados Unidos (EEUU), Portugal, Noruega, e Irlanda ha apoyado a la agricultura, a la asistencia sanitaria, al entrenamiento técnico, y a programas extraescolares con la meta de mantener la presencia de las jóvenes. Investigadores de 36 instituciones en 13 países han canalizado diversas fuentes de fondos hacia entender la ecología del PNG, y el Howard Hughes Medical Institute de los EEUU ha invertido \$2.4 millones USD hacia la educación en las ciencias para aumentar el talento local. Además, la Rizdan Adatia Foundation, de la India, ha iniciado un programa de microfinanzas para unos 200 comercios en las comunidades en la zona de amortiguamiento.

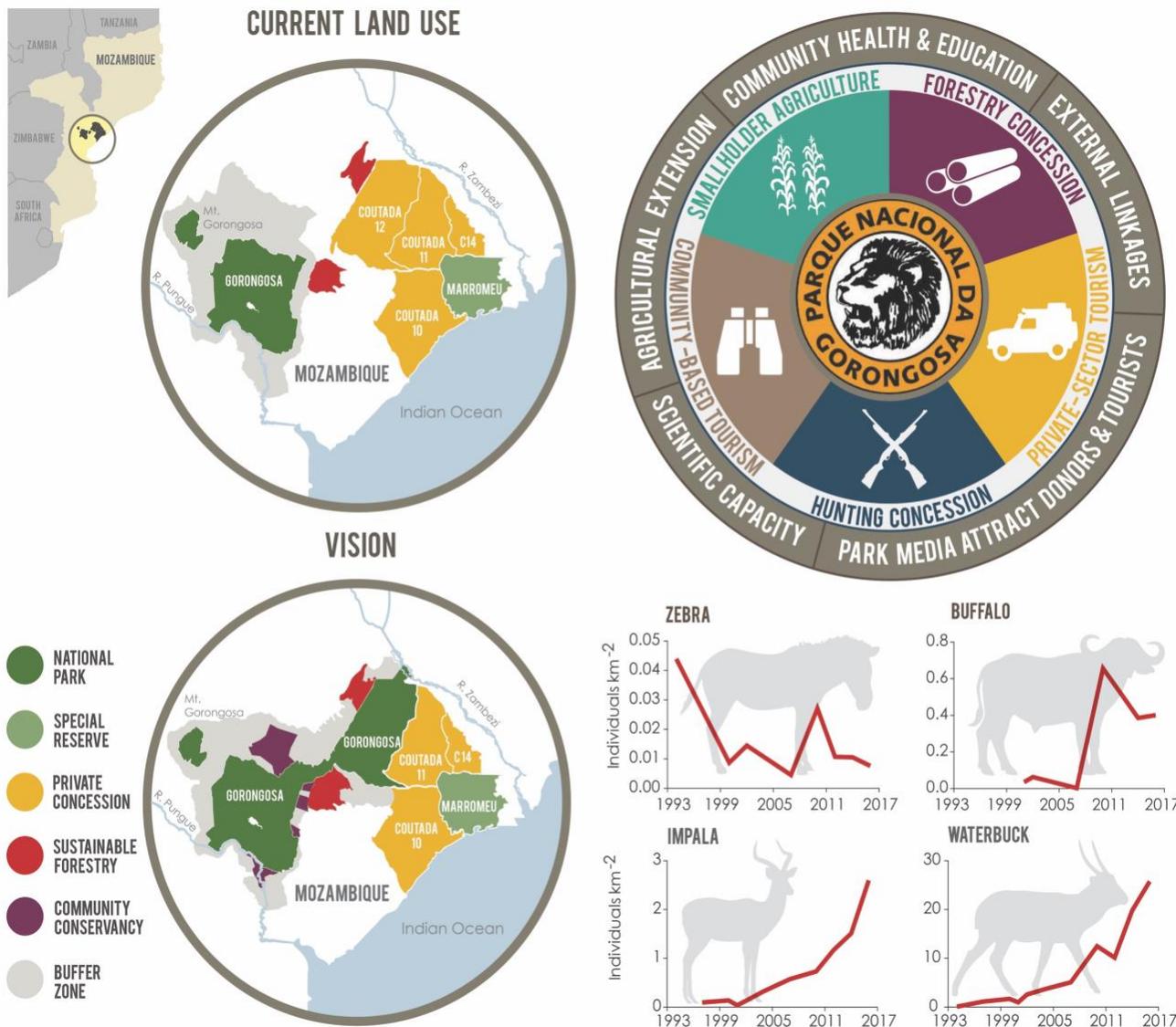


Figura 2 | Parque Nacional da Gorongosa en Mozambique. a. Escenarios de uso de tierras actuales (arriba) y proyectados para un futuro (abajo) en la provincia Sofala de Mozambique, los cuales demuestran la expansión planeada y la conectividad mejorada del Parque Nacional da Gorongosa (PNG) y de varias actividades periféricas de conservación y de desarrollo. El escenario futuro enlaza e incrusta a varias características ecológicas (a la costa, ríos Zambeze y Pungue, el valle del Rift, y el monte Gorongosa) en un grande mosaico de usos de la tierra favorable para la biodiversidad que serán más robustas a aumentos en la densidad de población humana durante el próximo siglo. **b.** Modelo del PNG como un motor que acopla la conservación de la biodiversidad con un desarrollo humano y económico sostenible entre escalas. A escala local el PNG emplea a personas para manejar al parque y a su infraestructura, para recibir y guiar a sus visitantes, y para proteger y estudiar su vida silvestre. La mayoría de estas personas son reclutadas de comunidades vecinas en la zona de amortiguamiento, en donde el PNG también sirve a sus circunscripciones locales por medio de programas de agricultura, de salud, y de educación. A escala regional, el PNG colabora con un público diverso – y con circunscripciones del sector privado en la provincia de Sofala. A escalas nacionales e internacionales, el PNG genera productos de medios de comunicación los cuales ayudan a informar e inspirar a sus circunscripciones globales. Todas estas actividades se retroalimentan de manera positiva para reforzar al PNG y sus misiones de conservación y desarrollo humano. **c.** Trayectorias de la densidad de población de varias especies de fauna silvestre desde el fin de la guerra civil en Mozambique en 1992, estimado en un bloque de 183 kilómetros cuadrados circundando al lago Urema en el PNG. La cebra es la única especie de herbívoro grande que demuestra una tendencia bajista en su densidad durante este intervalo. El búfalo cafre o africano fue la especie de herbívoro grande más abundante antes de la guerra, mientras que el antílope acuático (*Kobus ellipsiprymnus*) ha dominado cada vez más en la época post-guerra.



Figura 3 | Educación Biológica en el Parque Nacional da Gorongosa. a, b, Miembros del Nhamatanda Environmental Club (Club Ambiental de Nhamatanda) se encuentran con un león el cual fue inmovilizado como parte del programa de conservación del Gorongosa Lion Project (Proyecto de León de Gorongosa). Crédito de imagen utilizada: P. Bouly. c. Estudiantes parten en un safari auspiciado por el parque. Crédito de imagen utilizada: R. Pringle.

Los ocho pilares de mejoramiento de áreas protegidas

A pesar de contextos y retos socio-ecológicos dispares, los arquitectos de restauración en el ACG

y en el PNG han convergido en filosofías y estrategias comunes. De estas semejanzas emergen ocho principios generales que se pueden utilizar

para guiar a futuros esfuerzos de conservación en otros lugares.

Proteger los refugios restantes y aprovechar la resiliencia de la naturaleza

La naturaleza puede sanar sus heridas de manera extraordinariamente rápida una vez terminado el asalto sobre ella – si queda suficiente del original para proveer una fuente de propágulos⁵⁴. La convalecencia completa puede tomar siglos, algunas cicatrices indelebles permanecerán, y algunas funciones pueden que sean permanentemente dañadas. Sin embargo, así como una persona que se ha recuperado de una lesión amenazante a la vida, no es menos que la persona antes de la lesión, un ecosistema rehabilitado no es menos que el ecosistema antes de ser dañado. La recuperación sistémica se hace más lenta y menos probable mientras más piezas se pierdan, y la pérdida de ciertos organismos vitales condenará al sistema. Pero en general, la restauración será posible a pesar de algún nivel de extinción de población previa, y las técnicas para el trasplante de organismos vitales son cada vez más y más bien desarrolladas⁹⁰. En cualquier caso, la ausencia de alguna especie históricamente presente no deslustra demasiado el valor de un ecosistema recuperado – tal como la Venus de Milo, una antigua estatua griega ensamblada de fragmentos, es increíblemente bella a pesar de la pérdida de la manzana que una vez sostuvo.

Importantemente, el iniciar una recuperación ecológica en el ACG y en el PNG no requirió ni microgestión agresiva ni ingenuidad técnica profunda, debido a la persistencia de fuentes de retazos de poblaciones en la matriz degradada. Mucha de la caja de herramientas para la restauración ecológica conlleva técnicas intensivas de tiempo, labor, y costo, las cuales son prohibitivas a lo largo de miles de kilómetros cuadrados. A tales escalas, administradores deben de actuar como facilitadores para que los procesos naturales hagan el 99% del trabajo. Por lo tanto, recursos pueden ser conservados para despliegues quirúrgicos cruciales. En el bosque seco del ACG, la idea que posibilitó la restauración lo fue la necesidad de suprimir los incendios antropogénicos y el reducir las cargas combustibles, después del cual la dispersión de semillas por medio del viento

y de los animales fueron lo suficiente como para lanzar la sucesión. Esto, a su vez, redujo la cobertura del pasto y atrajo a más animales dispersantes de semillas, generando así un circuito de recuperación de retroalimentación positiva. Después de 30 años, las áreas se parecen a, suenan, y huelen como el bosque porque son el bosque – todavía no maduro, pero sí en camino⁹¹. Estrategias más laboriosas pueden acelerar el proceso⁵³; un proyecto experimental conllevó el verter residuos de cáscaras de naranja de una fábrica de zumo de naranja cercano sobre pastizales abandonados, lo cual ahogó a los pastos y se descompuso en fertilizante, avanzando así a la sucesión⁵⁷.

De manera similar, el acto que inició la restauración del PNG lo fue el restablecimiento de una presencia humana protectora y la supresión de la caza ilegal. La consiguiente resurgencia de la fauna silvestre ha sido impulsada por el crecimiento natural de las poblaciones restantes. Los considerables fondos necesarios para la reintroducción de animales grandes a larga distancia pueden, por lo tanto, ser reservados para esas especies que de otra manera tal vez no se pudiesen reestablecer – por ejemplo, a las cebras (Fig. 2) y a las especies de carnívoros extirpados - o para acelerar la recuperación de funciones particulares (por ejemplo, el control vertical de poblaciones herbívoras). Cuando permanece solo un poco o ningún stock, ‘*rewilding*’ o el resilvestrar en masa puede ser exitoso: a mediados de la década del noventa, a un costo de \$3 millones USD, se introdujeron unas 23 especies de herbívoros y carnívoros grandes al Madikwe Game Reserve (coto de caza) de Sudáfrica⁹².

Agrandarlas e interconectarlas

El ACG y el PNG resaltan el cómo las áreas protegidas pueden ser crecidas estratégicamente a la vez que las mismas están siendo restauradas para lograr más integridad y conectividad ecológica, así como linderos pueden ser selectivamente dibujados de nuevo para hacer tal expansión más política y socialmente aceptable. En el ACG, parcelas de tierra compradas por GDFCF han taponado huecos claves entre tres parques nacionales. El resultado es un conjunto grande y ecológicamente coherente que se extiende desde la zona pelágica del océano Pacífico hasta los pendientes volcánicos que se

encuentra a unos 50 kilómetros tierra adentro (Fig. 1). En el PNG, la anticipada incorporación de Coutada 12 representa un paso gigante hacia conectar el parque a la Reserva Nacional Marromeu, abriendo la puerta a un área protegida que se extiende más de 200 kilómetros desde los manglares del océano Índico hasta los pendientes orientales del monte Gorongosa (Fig. 2). Dada la importancia de subsidios y flujos entre ecosistemas⁹³ y de ecosistemas costeros para la subsistencia de las personas⁹⁴, vale la pena proseguir la expansión de áreas protegidas terrestres hacia los océanos y viceversa.

Esta estrategia es incremental y oportunista; abandona lo óptimo por lo posible. Tales esfuerzos de base de agrandar y de conectar a las áreas protegidas existentes no obvian los métodos verticales de priorización global, y puede que ni compitan con ellos. Un área protegida creciente puede enfrentar rutas alternas de expansión, en cuyo punto las herramientas geoespaciales de planificación de conservación sistemática convencional pueden ayudar a demostrar la mejor opción disponible. Y el hecho frecuentemente invocado que el financiamiento de la conservación es finito no implica el que la reserva de recursos es fija; ambos el ACG y el PNG demuestran como fondos pueden ser recaudados de fuentes las cuales no tienen a la conservación de la biodiversidad como *raison d'être* o razón de ser.

Sin embargo, es razonable suponer el que los obstáculos políticos y los costos de transacciones asociados con el agrandamiento, trozo a trozo, de áreas protegidas, en general serán menos que los de crear a áreas protegidas *de novo* o desde un principio. Las áreas protegidas existentes se beneficiarán de sus bases legales ya establecidas (tal que la expansión pueda que requiera solo la enmendadura de leyes, en vez de la creación de unas nuevas), identificación de nombre, legitimidad política, infraestructura administrativa, y bienes materiales. Además, el expandirlas requiere establecer menor cantidad de linderos. Todos estos factores sugieren el que posibilidades para la expansión de áreas protegidas deben de ser explícitamente evaluadas a la vez que se evalúan oportunidades para la creación de reservas nuevas en esfuerzos de priorizar las inversiones de conservación¹⁷.

Ser a largo plazo y local

Los esfuerzos en el ACG y el PNG representan compromisos de múltiples décadas a lugares únicos. Tales matrimonios monógamos a largo plazo son necesarios porque una rehabilitación ecológica significativa y a grande escala toma décadas, tal como lo toma la transición a autosuficiencia institucional y financiera. Además, el mejorar y el agrandar a las áreas protegidas requiere el desarrollo de redes sociales robustas y de relaciones personales de confianza. Esto representa un problema para las grandes organizaciones no-gubernamentales que se empeñan en muchos proyectos en muchos lugares con listados transitorios de empleados. Y este problema es agravado en los complejos ecosistemas de las organizaciones de beneficencia, en las cuales la capacidad es medida en términos de ingresos obtenidos en la recaudación de fondos y organizaciones con intereses en común continuamente tienen que inventar nuevas maneras de diferenciarse de sus competidores. En tales casos, la supervivencia y el crecimiento de las organizaciones se convierte en un fin en sí mismo, inflando los costos de gastos generales y administrativos y creando incentivos que se alinean pobremente con la misión ostensible de la organización. Fatiga de donante y aburrimiento político son amenazas constantes, y la manera más segura de evitarlas lo es el no mantenerse en un lugar por mucho tiempo (lo cual podría sugerir estancamiento o, peor, fracaso) y en vez, el proyectar dinamismo e innovación lanzando nuevas iniciativas lustrosas que redefinen lo innovador. Desafortunadamente, la mayoría de los problemas de conservación no pueden ser solucionados en períodos de cinco años, y hasta proyectos a largo plazo van a debatirse en ausencia de individuos a largo plazo. Al centro de los esfuerzos para restaurar al ACG y al PNG hay un pequeño número de personas las cuales han hecho compromisos de por vida a proyectos que los sobrevivirán, porque el éxito de tales proyectos es definido como perpetuidad y la perpetuidad nunca está garantizada.

El ser local es corolario de ser a largo plazo. El director y todos los empleados del ACG son costarricenses, y el guardaparque y la mayoría de

los empleados del Gorongosa Project son mozambiqueños. Participantes del extranjero tienen que ganarse legitimidad local por medio de una presencia física extendida, versado en costumbres y lenguajes locales, en bondad, en humildad, manteniendo promesas, y con la disposición de eventualmente hacerse redundante. Nada de esto ocurre de la noche a la mañana.

Pagar los costes de oportunidad

Es ahora axiomático el que la conservación no puede tener éxito sin la cooperación, la participación, y el compromiso de las comunidades cercanas y de los accionistas locales, aunque el significado preciso de estas frases no siempre está claro de la manera en que son invocadas en la literatura. Las áreas protegidas tienen que intentar negociar un lugar respetado en la sociedad, y sus más importantes circunscripciones lo son: las personas viviendo en o devengando su subsistencia de las áreas protegidas o cualesquiera áreas adyacentes sobre las cuales el área protegida ejerce influencia (por ejemplo, la zona de amortiguamiento del PNG); la sociedad regional (las personas viviendo en el mismo distrito o en la misma jurisdicción provincial que el área protegida); y la sociedad nacional. La sociedad global también tiene un interés en la supervivencia de las áreas protegidas y la supervivencia de su biodiversidad⁹⁵ y tiene que contribuir recursos y pericia hacia esas metas, pero no es el estrato al cual, a la larga, tienen que justificar su existencia las áreas protegidas.

Los costes de oportunidad de la conservación tienen que ser pagados a cada uno de estos constituyentes en diferentes monedas, y la moneda apropiada para cada uno depende del contexto. Por consiguiente, el PNG se ocupa de sus relaciones locales con personas que viven en la zona de amortiguamiento proveyéndoles con acceso al parque, ofreciéndoles extensión agrícola y asistencia sanitaria, compartiendo ingresos, e intentando el fomentar un sentido de propiedad y de responsabilidad colectiva. A nivel regional de la provincia Sofala, el parque crea apoyo en Vila Gorongosa (el pueblo más cercano) y en Beira (la ciudad más cercana) abasteciendo los suministros de, y encaminando los turistas a, negocios locales. Y a nivel nacional, el parque paga sus costes de

oportunidad siendo un símbolo internacional y visible del esplendor de Mozambique y de la estrategia iluminada de manejo ambiental de su gobierno; los políticos son exhortados a ver al éxito del parque como suyo propio – lo cual, por supuesto, lo es. El ACG lleva a cabo muchas actividades similares con y para sus constituyentes en Costa Rica.

Ninguna de estas consideraciones implica el que un área protegida puede complacer a todos sus constituyentes, todo el tiempo. Vale la pena repetir este cliché porque muchas de las críticas de las iniciativas de la conservación por parte de las humanidades y de las ciencias sociales han utilizado entrevistas con un puñado de informantes como la base para concluir el que las áreas protegidas subvierten los derechos y el bienestar de las personas humildes en las áreas rurales⁹⁶. Un cuerpo de investigaciones más sistemático y cuantitativo sugiere el que las áreas protegidas generalmente distribuyen a sus vecinos más fortuna que infortunio^{26,27,42,94}.

Desarrollar estrategias financieras creativas

Aunque las áreas protegidas pagan sus costes de oportunidad en diversas monedas, tienen que pagar a sus empleados con dinero, y cualquier expansión requiere fondos para la compra de terrenos y para pagar los honorarios legales. El ACG y el PNG demuestran como un financiamiento heterogéneo e ingenioso puede lanzar el mejoramiento de las áreas protegidas. Aunque los mecanismos específicos difieren entre estos esfuerzos, así como a través del tiempo dentro de cada uno de ellos, ambos fueron construidos con base en asociaciones público-privadas – un mutualismo facultativo entre gobiernos y organizaciones sin fines de lucro que canalizan capital intelectual y financiero hacia la revitalización y el crecimiento de áreas protegidas.

A medida de la década de los ochenta, el ACG emergente juntó su primer millón de dólares (USD) en donativos para la compra de terrenos, para el manejo del parque, y para la educación biológica, por parte de fundaciones caritativas basadas en los EEUU y de personas particulares oriundas de seis países. También aceptó donativos de terrenos de ranchos locales, ganó fondos de contrapartida del gobierno de Costa Rica bajo el presidente Óscar Arias, y convirtió una subvención

de \$3.5 millones USD por parte de Suecia en \$17 millones en moneda local por medio de un canje de ‘deuda-por-naturaleza’ – parte del cual fue utilizado para establecer el legado vanguardista del área⁶⁰. Desde entonces, fuentes de fondos han incluido pagos para mitigar los efectos del cambio climático por medio de deforestación evitada y otros servicios ecosistémicos, así como un flujo seguido de regalos principalmente por parte de donantes de repetición. Apoyo también ha venido por parte de la Japan International Cooperation Agency para el monitoreo biológico de un desarrollo geotermal adyacente al ACG. De 1985 al 2017, el ACG ha recaudado \$105 millones USD, incluyendo un legado, todavía creciente, de \$14 millones USD el cual es central a la autosuficiencia a largo plazo de programas esenciales no cubiertos por la distribución anual por parte del gobierno.

En el PNG, la apropiación del gobierno de Mozambique está designada para equipar a los guardaparques; el resto del presupuesto es suministrado por el Gorongosa Project, el cual está respaldado por diez donantes grandes y por muchas personas que han aportado pequeños donativos. Algunos de estos partidarios proveen apoyo al presupuesto general, mientras que otros proveen fondos restringidos para conservación, ciencia, educación, agricultura, y programas de salud. De esta manera, la aportación del mayor donante (la Carr Foundation, \$3 millones USD en el 2017) se aprovecha por triplicado. Mientras tanto, se espera que las entradas por parte del turismo del sector privado constituirán una porción cada vez más grande del presupuesto del parque, contribuyendo así hacia una capacidad fiscal a largo plazo.

Asociaciones público-privadas para el manejo de áreas protegidas son un instrumento poderoso con amplia aplicabilidad, como es atestiguado por éxitos en otros lugares. Por ejemplo, en el cot de caza Madikwe Game Reserve en Sudáfrica, establecido más por razones socio-económicas que para la conservación de la biodiversidad *per se*, el turismo del sector privado fue encargado con el financiar a programas de manejo y de desarrollo comunitario⁹². Sin embargo, como todo otro mecanismo que se usa para la conservación, la asociación público-privada es una bala regular – no una bala de plata – y puede ser peligrosa si es mal usada. En países en vías de

desarrollo, tales asociaciones introducen el riesgo de la privatización de la soberanía y abusos extrajudiciales; en países desarrollados, podrían proveer una excusa a los gobiernos para abnegar responsabilidad de la conservación. Y carteras basadas en turismo resultan en déficits presupuestarios cuando las proyecciones iniciales demuestran ser demasiado optimistas (como ocurrió en Madikwe) o cuando choques financieros o geopolíticos reducen la demanda.

Conocer su biodiversidad

Un área protegida sin un inventario de sus especies residentes es como una biblioteca sin un catálogo, un supermercado de latas sin etiquetas, y un museo con todas sus obras de arte amontonadas en el sótano. Esta condición socava no solo la habilidad de las áreas protegidas poder proveer servicios intelectuales, recreativos, y materiales, pero además cualquier apariencia de manejo forestal basada en ciencia de datos. Ninguna de las grandes áreas protegidas de la Tierra tiene una lista completa de sus especies macroscópicas, pero esta es una meta a largo plazo de ambos, del ACG y del PNG. A lo largo del ACG, parataxónomos de jornada completa coleccionan y catalogan a insectos, plantas, invertebrados marinos y otros taxones. Estos esfuerzos han rendido avances científicos transformativos: el inventario de 35 años de redes alimentarias de planta - oruga (gusano) – parasitoide, coordinado por Janzen y Hallwachs, fue fundamental al desarrollo y a la adopción generalizada del código de barras de ADN para la identificación de especies y para análisis ecológico. La incorporación de códigos de barras de ADN a este inventario ha revelado miles de especies crípticas y ha demostrado que el grado de especialización en estas redes alimentarias supera cualquier cosa previamente sugerida⁹⁷⁻¹⁰¹.

Ser adaptable

No existe una receta de talla única para mejorar a las áreas protegidas. Lo que sí es exportable es el plan de juego y el libro de jugadas (con muchas páginas en blanco al final para nuevas adiciones), pero no la secuencia de jugadas que se deben llamar – la jugada inteligente depende del contexto. ¿Cuál es la puntuación? ¿Quién o qué es la ‘oposición’? ¿Cuánto tiempo resta?

Tal pensamiento contexto-dependiente es de segunda naturaleza a los entrenadores deportivos, pero corre contra la corriente de la ciencia académica, en la cual amplias generalizaciones son altamente valoradas y, por lo tanto, buenas ideas frecuentemente son extralimitadas. En el proceso de adaptarse a circunstancias y a oportunidades que están evolucionando continuamente, los arquitectos de restauración del ACG y del PNG han combinado diversos linajes de pensamiento contemporáneo sobre la conservación (al igual que haber liderado unos nuevos). Ambos proyectos ejemplifican la conservación inclusiva a que comentaristas han llamado¹⁰². ¿Debería de conservarse a las áreas protegidas por su valor intrínseco o por su valor instrumental? Déjele eso al usuario. El que las áreas protegidas suministren agua limpia para beber a grandes poblaciones río abajo⁷ no disminuye la experiencia de los observadores de aves. ¿Deberían de mantenerse los parques para beneficiar a las personas, o para beneficiar a la biodiversidad? La respuesta es sí. El alivio a la pobreza es una motivación para resucitar a las áreas protegidas y una necesidad práctica para cualquier sueño de conservación en perpetuidad.

Incluir a los jóvenes

Los programas de educación en el ACG y el PNG reconocen que la única manera de crear un poblado bioalfabetizado⁶⁸ y de volver a despertar la biofilia durmiente¹⁰³ es estimulando interés en la naturaleza en los niños tan temprano y tan frecuentemente como posible⁶⁷ (Figs. 1 y 3). La necesidad de jugar el juego largo – el cual se hace todavía más difícil a medida que las realidades se vuelven cada vez más virtuales – es todavía otra razón más por la cual proyectos para mejorar a las áreas protegidas requieren unos plazos de ejecución multidecadales e inventarios de biodiversidad robustos.

Una agenda para investigaciones científicas y para acción

¿Dada la necesidad de expandir la cobertura de áreas protegidas y de mejorar el rendimiento de áreas protegidas existentes, cómo y dónde deben los conservacionistas priorizar una inversión? El contestar esta pregunta requerirá nuevas investigaciones en varios frentes.

Primero, como anteriormente delineado, los mejores candidatos para mejorar van a ser las áreas protegidas que están: ecológicamente dañadas, pero que todavía retienen suficiente cepa residual para resembrar la matriz degradada; situadas en paisajes terrestres o marinos que tienen espacio para crecimiento hacia alrededores relativamente no desarrollados y escasamente poblados por medio de la adquisición de terrenos privados o vínculos con otras áreas protegidas; insuficientemente financiadas o manejadas de manera inefectiva pero asociadas con gobiernos que tienen incentivo a invertir en áreas protegidas. El codificar y el cuantificar a estas normas ayudará a priorizar oportunidades para el mejoramiento de áreas protegidas. Para lograr esto, requerimos data exhaustiva sobre el rendimiento de las áreas protegidas – un índice de parque de papel periódicamente mejorado – que incluya evaluaciones de la severidad de la degradación ecológica, de la capacidad de manejo, y de las entradas de financiamiento relativas a las necesidades. Iniciativas tales como la Global Database of Protected Area Management Efficiency³⁰ pueda, a la larga, servir este propósito. Indicadores de resiliencia ecológica fiables también ayudarían, como se ha sugerido para guiar la incorporación de arrecifes coralinos degradados a las áreas protegidas marinas¹⁰⁴. Armados con tal información, infraestructuras de modelismo existentes y conjuntos de datos utilizados en fijar prioridades de conservación^{11,16,20} pueden ser adaptadas para ordenar a las áreas protegidas existentes de acuerdo a su potencial para intervenciones exitosas. Tecnologías emergentes tales como el monitoreo de la biodiversidad a través de la percepción remota (o teledetección) y del ADN ambiental¹⁰⁶ hará posible cada vez más la evaluación en tiempo real de la integridad ecológica para que se puedan fijar prioridades a base de información corriente.

Segundo, necesitamos conocer más sobre las dimensiones socio-económicas asociadas con el establecimiento y el mantenimiento de áreas protegidas exitosas, dimensiones las cuales son difíciles de cuantificar a escalas grandes²⁴. ¿A caso es verdad, como yo he propuesto, en esta Perspectiva, que los costes de transacción, y los obstáculos políticos asociados con el expandir a las

áreas protegidas en general serán menores que los que están asociados con el crear áreas protegidas nuevas? ¿Estas consideraciones, hasta qué punto compensan por el hecho de que áreas protegidas ya establecidas típicamente tendrán menos flexibilidad para optimizar su crecimiento con respecto a la distribución de la biodiversidad?

¿Por último, cómo se puede implementar el mejoramiento de áreas protegidas a una escala que sea lo suficiente como para reducir la diferencia entre las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica y los pronósticos de una disminución continua de la biodiversidad⁵? A la larga, el ingrediente más importante lo es la existencia de socios gubernamentales dispuestos, lo que significa que el implementar estos pilares será impulsado, en gran parte, por la oportunidad. Sin embargo, existe el potencial de establecer un ciclo de retroalimentación positiva: cuando un mayor número de casos prácticos sean liderados, tendremos más puntos de referencia para lo que funciona y lo que no funciona en varios contextos socioeconómicos, tales proyectos le parecerán más atractivos a los legisladores con aversión al riesgo, y más oportunidades surgirán. Para tal efecto, necesitamos llevar a cabo más experimentos innovadores en la rehabilitación de áreas protegidas. En una era de acumulación de riqueza privada sin precedente, también hay una oportunidad, sin precedente, para asociaciones creativas entre los sectores públicos y privados para asegurar un futuro para los ecosistemas y para la biodiversidad de la Tierra.

Recibido el 24 de febrero; aceptado el 9 de abril del 2017.

1. Barnosky, A. D. *et al.* Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* **470**, 51–57 (2012).
2. Ceballos, G. *et al.* Accelerated modern human-induced species losses: entering the sixth mass extinction. *Sci. Adv.* **1**, e1400253 (2015).
3. Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Abell, R. & Brooks, T. M. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science* **344**, 1246752 (2014).
4. Newbold, T. *et al.* Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature* **520**, 45–50 (2015).
5. Tittensor, D. P. *et al.* A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science* **346**, 241–244 (2014).
6. Hoffmann, M. *et al.* The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. *Science* **330**, 1503–1509 (2010).

7. Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B. & Hockings, M. The performance and potential of protected areas. *Nature* **515**, 67–73 (2014).

Este repaso a la historia y a la efectividad de las áreas protegidas propone el que los conservacionistas deben reenfocarse en establecer áreas protegidas grandes, conectadas, bien financiadas y bien manejadas.

8. Naughton-Treves, L., Holland, M. B. & Brandon, K. The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. *Annu. Rev. Env. Resour.* **30**, 219–252 (2005).
 9. Ricketts, T. H. *et al.* Pinpointing and preventing imminent extinctions. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **102**, 18497–18501 (2005).
 10. Runge, C. A. *et al.* Protected areas and global conservation of migratory birds. *Science* **350**, 1255–1258 (2015).
 11. Jenkins, C. N., Van Houtan, K. S., Pimm, S. L. & Sexton, J. O. US protected lands mismatch biodiversity priorities. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **112**, 5081–5086 (2015).
 12. Pouzols, F. M. *et al.* Global protected area expansion is compromised by projected land-use and parochialism. *Nature* **516**, 383–386 (2014).
 13. Convention on Biological Diversity (CBD). *COP 10 Decision X/2: Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020* (CBD, 2011).
 14. Margules, C. R. & Pressey, R. L. Systematic conservation planning. *Nature* **405**, 243–253 (2000).
- Este repaso histórico engendró una rama de investigación que usa herramientas geoespaciales, bases de datos globales, y software algorítmico para priorizar las acciones de conservación.**
15. Rodrigues, A. S. L. *et al.* Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* **428**, 640–643 (2004).
 16. Wilson, K. A., McBride, M. F., Bode, M. & Possingham, H. P. Prioritizing global conservation efforts. *Nature* **440**, 337–340 (2006).
 17. Venter, O. *et al.* Targeting global protected area expansion for imperiled biodiversity. *PLoS Biol.* **12**, e1001891 (2014).
 18. Joppa, L. N., Visconti, P., Jenkins, C. N. & Pimm, S. L. Achieving the convention on biological diversity's goals for plant conservation. *Science* **341**, 1100–1103 (2013).
 19. Wilson, K. A. *et al.* Conserving biodiversity efficiently: what to do, where, and when. *PLoS Biol.* **5**, e223 (2007).
 20. Fuller, R. A. *et al.* Replacing underperforming protected areas achieves better conservation outcomes. *Nature* **466**, 365–367 (2010).
- El eliminar áreas protegidas que no son coste efectivas y redistribuyendo los fondos puede aumentar la eficiencia y el valor ecológico de terrenos conservados sin aumentar el coste total.**
21. McCarthy, D. P. *et al.* Financial costs of meeting global biodiversity conservation targets: current spending and unmet needs. *Science* **338**, 946–949 (2012).
 22. Conde, D. A. *et al.* Opportunities and costs for preventing vertebrate extinctions. *Curr. Biol.* **25**, R219–R221 (2015).
 23. Moilanen, A., Wilson, K. A. & Possingham, H. P. *Spatial Conservation Prioritization* (Oxford Univ. Press, 2009).

24. Watson, J. E. M. *et al.* Bolder science needed now for protected areas. *Conserv. Biol.* **30**, 243–248 (2016).
25. Ferraro, P. J. & Pattanayak, S. K. Money for nothing? A call for empirical evaluation of biodiversity conservation investments. *PLoS Biol.* **4**, e105 (2006).
26. Naughton-Treves, L., Alix-Garcia, J. & Chapman, C. A. Lessons about parks and poverty from a decade of forest loss and economic growth around Kibale National Park, Uganda. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **108**, 13919–13924 (2011).
27. Ferraro, P. J., Hanauer, M. M. & Sims, K. R. E. Conditions associated with protected area success in conservation and poverty reduction. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **108**, 13913–13918 (2011).
28. Ferraro, P. J. & Pressey, R. L. Measuring the difference made by conservation initiatives: protected areas and their environmental and social impacts. *Phil. Trans. R. Soc. B* **370**, 20140270 (2015).
29. Craigie, I. D., Barnes, M. D., Geldmann, J. & Woodley, S. International funding agencies: potential leaders of impact evaluation in protected areas? *Phil. Trans. R. Soc. B* **370**, 20140283 (2015).
30. Coad, L. *et al.* Measuring impact of protected area management interventions: current and future use of the Global Database of Protected Area Management Effectiveness. *Phil. Trans. R. Soc. B* **370**, 20140281 (2015).
- Este artículo describe el progreso hacia una evaluación mundial del rendimiento de las áreas protegidas.**
31. Visconti, P., Bakkenes, M., Smith, R. J., Joppa, L. & Sykes, R. E. Socio-economic and ecological impacts of global protected area expansion plans. *Phil. Trans. R. Soc. B* **370**, 20140284 (2015).
32. Leverington, F., Costa, K. L., Pavese, H., Lisle, A. & Hockings, M. A global analysis of protected area management effectiveness. *Environ. Manage.* **46**, 685–698 (2010).
33. Geldmann, J. *et al.* Changes in protected area management effectiveness over time: a global analysis. *Biol. Conserv.* **191**, 692–699 (2015).
34. Geldmann, J. *et al.* Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biol. Conserv.* **161**, 230–238 (2013).
35. Bruner, A. G., Gullison, R. E., Rice, R. E. & da Fonseca, G. A. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science* **291**, 125–128 (2001).
36. Hilborn, R. *et al.* Effective enforcement in a conservation area. *Science* **314**, 1266 (2006).
37. Joppa, L. N., Loarie, S. R. & Pimm, S. L. On the protection of “protected areas”. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **105**, 6673–6678 (2008).
38. Laurance, W. F. *et al.* Averting biodiversity collapse in tropical forest protected areas. *Nature* **489**, 290–294 (2012).
39. Gray, C. L. *et al.* Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature Commun.* **7**, 12306 (2016).
40. Joppa, L. N. & Pfaff, A. Global protected area impacts. *Proc. R. Soc. B* **278**, 1633–1638 (2011).
- Análisis de concordancia entre las áreas protegidas y desprotegidas demuestra que la protección legal ha reducido la conversión del paisaje en un 75% de 147 países.**
41. Barnes, M. D. *et al.* Wildlife population trends in protected areas predicted by national socio-economic metrics and body size. *Nature Commun.* **7**, 12747 (2016).
42. Andam, K. S., Ferraro, P. J., Sims, K. R. E., Healy, A. & Holland, M. B. Protected areas reduced poverty in Costa Rica and Thailand. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **107**, 9996–10001 (2010).
- Métodos de emparejamiento de variables controladas revelan el que áreas protegidas en dos países muy distintos tuvieron un efecto neto positivo en la subsistencia de las comunidades locales.**
43. Balmford, A. *et al.* A global perspective on trends in nature-based tourism. *PLoS Biol.* **7**, e1000144 (2009).
- A pesar de que la disminución en el nivel de recreación al aire libre ha suscitado preocupación, este estudio encuentra un aumento en las visitas a las áreas protegidas en la mayoría de los países, especialmente en los países más pobres.**
44. Maekawa, M., Lanjouw, A., Rutagarama, E. & Sharp, D. Mountain gorilla tourism generating wealth and peace in post-conflict Rwanda. *Nat. Resour. Forum* **37**, 127–137 (2013).
45. Ogutu, J. O. & Owen-Smith, N. ENSO, rainfall and temperature influences on extreme population declines among African savanna ungulates. *Ecol. Lett.* **6**, 412–419 (2003).
46. Western, D., Russell, S. & Cuthill, I. The status of wildlife in protected areas compared to non-protected areas of Kenya. *PLoS ONE* **4**, e6140 (2009).
47. Craigie, I. D. *et al.* Large mammal population declines in Africa's protected areas. *Biol. Conserv.* **143**, 2221–2228 (2010).
- Este análisis a nivel continental demuestra que, entre 1970 y el 2005, las poblaciones de 69 especies de fauna silvestre en 78 áreas protegidas disminuyeron un promedio de 59%.**
48. Di Minin, E. & Toivonen, T. Global protected area expansion: creating more than paper parks. *Bioscience* **65**, 637–638 (2015).
49. Mascia, M. B. & Pailler, S. Protected area downgrading, downsizing, and degazettement (PADDD) and its conservation implications. *Conserv. Lett.* **4**, 9–20 (2010).
50. Mascia, M. B. *et al.* Protected area downgrading, downsizing, and degazettement (PADDD) in Africa, Asia, and Latin America and the Caribbean, 1900–2010. *Biol. Conserv.* **169**, 355–361 (2014).
- Este estudio de las regiones más biodiversas encuentra 543 instancias de áreas protegidas que fueron encogidas o descolmilladas, más comúnmente para facilitar a la industria extractiva y al desarrollo a escala-industrial.**
51. Kareiva, P. Conservation science: trade-in to trade-up. *Nature* **466**, 322–323 (2010).
52. Rodríguez, J. & Rodríguez-Clark, K. M. Even ‘paper parks’ are important. *Trends Ecol. Evol.* **16**, 17 (2001).
53. Chazdon, R. L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science* **320**, 1458–1460 (2008).

54. Lamb, D., Erskine, P. D. & Parrotta, J. A. Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* **310**, 1628–1632 (2005).
55. McAlpine, C. *et al.* Integrating plant- and animal-based perspectives for more effective restoration of biodiversity. *Front. Ecol. Environ.* **14**, 37–45 (2016).
56. Janzen, D. H. & Hallwachs, W. in *Costa Rican Ecosystems* (ed. Kappelle, M.) Ch. 10, 290–341 (Univ. Chicago Press, 2016).
- Un recuento fidedigno de la historia de la conservación en el ACG de Costa Rica.**
57. Janzen, D. H. Costa Rica's Area de Conservación Guanacaste: a long march to survival through non-damaging biodevelopment. *Biodiversity* **1**, 7–20 (2000).
58. Janzen, D. H. in *Biodiversity* (ed. Wilson, E. O.) 130–137 (National Academy, 1988).
59. Janzen, D. H. Management of habitat fragments in a tropical dry forest: growth. *Ann. Mo. Bot. Gard.* **75**, 105–116 (1988).
60. Allen, W. *Green Phoenix: Restoring the Tropical Forests of Guanacaste, Costa Rica* (Oxford Univ. Press, 2001).
61. Janzen, D. H. & Hallwachs, W. DNA barcoding the Lepidoptera inventory of a large complex tropical conserved wildland, Area de Conservación Guanacaste, northwestern Costa Rica. *Genome* **59**, 641–660 (2016).
62. Smith, M. A., Hallwachs, W. & Janzen, D. H. Diversity and phylogenetic community structure of ants along a Costa Rican elevational gradient. *Ecography* **37**, 720–731 (2014).
63. Janzen, D. H. Tropical ecological and biocultural restoration. *Science* **239**, 243–244 (1988).
64. Janzen, D. H. & Hallwachs, W. in *Man and his Environment: Tropical Forests and the Conservation of Species* (ed. Marini-Bettolo, G. B.) 227–255 (Pontificae Academiae Scientiarum, 1993).
65. Ehrlich, P. R. & Pringle, R. M. Where does biodiversity go from here? A grim business-as-usual forecast and a hopeful portfolio of partial solutions. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **105**, 11579–11586 (2008).
66. Adams, W. M. *et al.* Biodiversity conservation and the eradication of poverty. *Science* **306**, 1146–1149 (2004).
67. Soga, M. & Gaston, K. J. Extinction of experience: the loss of human–nature interactions. *Front. Ecol. Environ.* **14**, 94–101 (2016).
68. Janzen, D. H. Hope for tropical biodiversity through true bioliteracy. *Biotropica* **42**, 540–542 (2010).
69. Janzen, D. H. Now is the time. *Phil. Trans. R. Soc. B* **359**, 731–732 (2004).
70. Janzen, D. H. Setting up tropical biodiversity for conservation through non-damaging use: participation by parataxonomists. *J. Appl. Ecol.* **41**, 181–187 (2004).
71. Schmiedel, U. *et al.* Contributions of paraecologists and parataxonomists to research, conservation, and social development. *Conserv. Biol.* **30**, 506–519 (2016).
72. Janzen, D. H. & Hallwachs, W. Joining inventory by parataxonomists with DNA barcoding of a large complex tropical conserved wildland in northwestern Costa Rica. *PLoS ONE* **6**, e18123 (2011).
73. Basurto, X. Bureaucratic barriers limit local participatory governance in protected areas in Costa Rica. *Conserv. Soc.* **11**, 16–28 (2013).
74. Finnegan, W. *A Complicated War: the Harrowing of Mozambique* (Univ. California Press, 1993).
75. Daskin, J. H., Stalmans, M. & Pringle, R. M. Ecological legacies of civil war: 35-year increase in savanna tree cover following wholesale large-mammal declines. *J. Ecol.* **104**, 79–89 (2016).
76. Pringle, R. M. How to be manipulative: intelligent tinkering is key to understanding ecology and rehabilitating ecosystems. *Am. Sci.* **100**, 30–37 (2012).
77. Cumming, D. H. M., Mackie, C. S., Magane, S. & Taylor, R. D. *Aerial Census of Large Herbivores in the Gorongosa National Park and the Marromeu Area of the Zambezi Delta in Mozambique* (Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia, 1994).
78. Dutton, P. A dream becomes a nightmare: Mozambique's ferocious 15-year bush war has devastated a once rich and abundant wildlife. *Afr. Wildlife* **48**, 6–14 (1994).
79. Tinley, K. L. *Framework of the Gorongosa Ecosystem, Mozambique*. PhD thesis, Univ. Pretoria (1977).
- Este esquicito estudio de 320 páginas documenta la ecología del PNG de 1969 a 1972, proporcionando un punto de referencia para los esfuerzos de restauración post-guerra.**
80. Dunham, K. M. *Aerial Survey of Large Herbivores in Gorongosa National Park, Mozambique: 2004* (Carr Foundation, 2004).
81. Governo da República de Moçambique & Parque Nacional da Gorongosa. *Acordo de Gestão Conjunta do Parque Nacional da Gorongosa. Entre O Governo da República de Moçambique, Representado Pelo Ministério do Turismo E A Gregory C. Carr Foundation.* http://www.gorongosa.org/sites/default/files/research/acordo_gestao_conjunta_do_parque_nacional_da_gorongosa.pdf (2008).
- El contrato legal estableciendo la asociación público-privada para el co-manejo del PNG (en portugués).**
82. Ford, A. T. *et al.* Large carnivores make savanna tree communities less thorny. *Science* **346**, 346–349 (2014).
83. Stalmans, M. *Monitoring the Recovery of Wildlife in the Parque Nacional da Gorongosa through Aerial Surveys* http://www.gorongosa.org/sites/default/files/research/053-wildlife_count_report_2000_2012_july2012.pdf (2012).
84. Rodríguez-Echeverría, S. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi communities from tropical Africa reveal strong ecological structure. *New Phytol.* **213**, 380–390 (2017).
85. Correia, M., Timóteo, S., Rodríguez-Echeverría, S., Mazars-Simon, A. & Heleno, R. Refaunation and the reinstatement of the seed-dispersal function in Gorongosa National Park. *Conserv. Biol.* **31**, 76–85 (2016).
86. West, P., Igoe, J. & Brockington, D. Parks and peoples: the social impact of protected areas. *Annu. Rev. Anthropol.* **35**, 251–277 (2006).
87. Chan, K. *et al.* When agendas collide: human welfare and biological conservation. *Conserv. Biol.* **21**, 59–68 (2007).
88. Torchia, C. Recovering from war, Mozambican park again faces conflict. *AP News* <http://bigstory.ap.org/article/0a6acdd9e6bb4080b4fe1b9586dc96a7/recovering-war-mozambican-park-again-faces-conflict> (18 December 2016).
89. Club of Mozambique. Gorongosa Park signs agreement with Entrepuesto to convert game reserve into protected area. *Club of Mozambique*

<http://clubofmozambique.com/news/gorongosa-park-signs-agreement-entrepuesto-convert-game-reserve-protected-area/> (1 December 2016).

90. Seddon, P. J., Griffiths, C. J., Soorae, P. S. & Armstrong, D. P. Reversing defaunation: restoring species in a changing world. *Science* **345**, 406–412 (2014).
91. Powers, J. S., Becknell, J. M., Irving, J. & Pérez-Aviles, D. Diversity and structure of regenerating tropical dry forests in Costa Rica: geographic patterns and environmental drivers. *For. Ecol. Manage.* **258**, 959–970 (2009).
92. Davies, R. in *Wildlife Conservation by Sustainable Use* (eds Prins, H. H. T., Grootenhuys J. G. & Dolan, T. T.), 439–458 (Springer, 2000).
93. Nakano, S. & Murakami, M. Reciprocal subsidies: dynamic interdependence between terrestrial and aquatic food webs. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **98**, 166–170 (2001).
94. McNally, C. G., Uchida, E. & Gold, A. J. The effect of a protected area on the tradeoffs between short-run and long-run benefits from mangrove ecosystems. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **108**, 13945–13950 (2011).
95. Pringle, R. M. The Nile perch in Lake Victoria: local responses and adaptations. *Africa* **75**, 510–538 (2005).
96. Schuetze, C. Narrative fortresses: crisis narratives and conflict in the conservation of Mount Gorongosa, Mozambique. *Conserv. Soc.* **13**, 141–153 (2015).
97. Hebert, P. D. N., Penton, E. H., Burns, J. M., Janzen, D. H. & Hallwachs, W. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the Neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **101**, 14812–14817 (2004).
98. Smith, M. A., Wood, D. M., Janzen, D. H., Hallwachs, W. & Hebert, P. D. N. DNA barcodes affirm that 16 species of apparently generalist tropical parasitoid flies (Diptera, Tachinidae) are not all generalists. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **104**, 4967–4972 (2007).
99. Smith, M. A., Woodley, N. E., Janzen, D. H., Hallwachs, W. & Hebert, P. D. N. DNA barcodes reveal cryptic host-specificity within the presumed polyphagous members of a genus of parasitoid flies (Diptera: Tachinidae). *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **103**, 3657–3662 (2006).
100. Smith, M. A. *et al.* Extreme diversity of tropical parasitoid wasps exposed by iterative integration of natural history, DNA barcoding, morphology, and collections. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **105**, 12359–12364 (2008).
101. Burns, J. M., Janzen, D. H., Hajibabaei, M., Hallwachs, W. & Hebert, P. D. N. DNA barcodes and cryptic species of skipper butterflies in the genus *Perichares* in Area de Conservación Guanacaste, Costa Rica. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **105**, 6350–6355 (2008).
102. Tallis, H. & Lubchenco, J. Working together: A call for inclusive conservation. *Nature* **515**, 27–28 (2014).
103. Wilson, E. O. *Biophilia* (Harvard Univ. Press, 1986).
104. Abelson, A. *et al.* Expanding marine protected areas to include degraded coral reefs. *Conserv. Biol.* **30**, 1182–1191 (2016).
105. Jetz, W. *et al.* Monitoring plant functional diversity from space. *Nature Plants* **2**, 16024 (2016).
106. Handley, L. L. How will the ‘molecular revolution’ contribute to biological recording? *Biol. J. Linn. Soc.* **115**, 750–766 (2015).

Reconocimientos Figs. 1 y 2 fueron creadas por Terra Communications. D. Janzen, W. Hallwachs, W. Sandoval, M. Mutimucuo, D. Muala, M. Stalmans, G. Carr, J. Daskin, M. Jordan, P. Naskrecki, P. Bouley y C. Tarnita suplieron información, gráficas, o comentarios los cuales fueron cruciales a la preparación de este artículo. Agradezco a las siguientes organizaciones por su apoyo: la US National Science Foundation (DEB-1355122, DEB-1457697), el Princeton Environmental Institute, el Innovation Fund for New Ideas in the Natural Sciences de Princeton, y el Gorongosa Project.

Información del Autor: Reimpresiones e información sobre permisos está disponible en www.nature.com/reprints. El autor declara no tener conflictos de interés financieros: vea a go.nature.com/2qqh5cy. Los lectores pueden comentar sobre la versión digital de este manuscrito en go.nature.com/2qqh5cy. La correspondencia debe de ser dirigida a R.M.P. (rpringle@princeton.edu).

Información sobre los críticos reseñadores: *Nature* agradece a L. Joppa y a otro(s) crítico(s) reseñador(es) anónimo(s) por su contribución a la revisión por pares de este trabajo.

Este estudio integra la codificación con barras de ADN, el inventario de biodiversidad, y análisis morfológico y taxonómico para descubrir cientos de especies crípticas antes no descritas y sus interacciones de red alimentaria altamente específicas a su huésped.