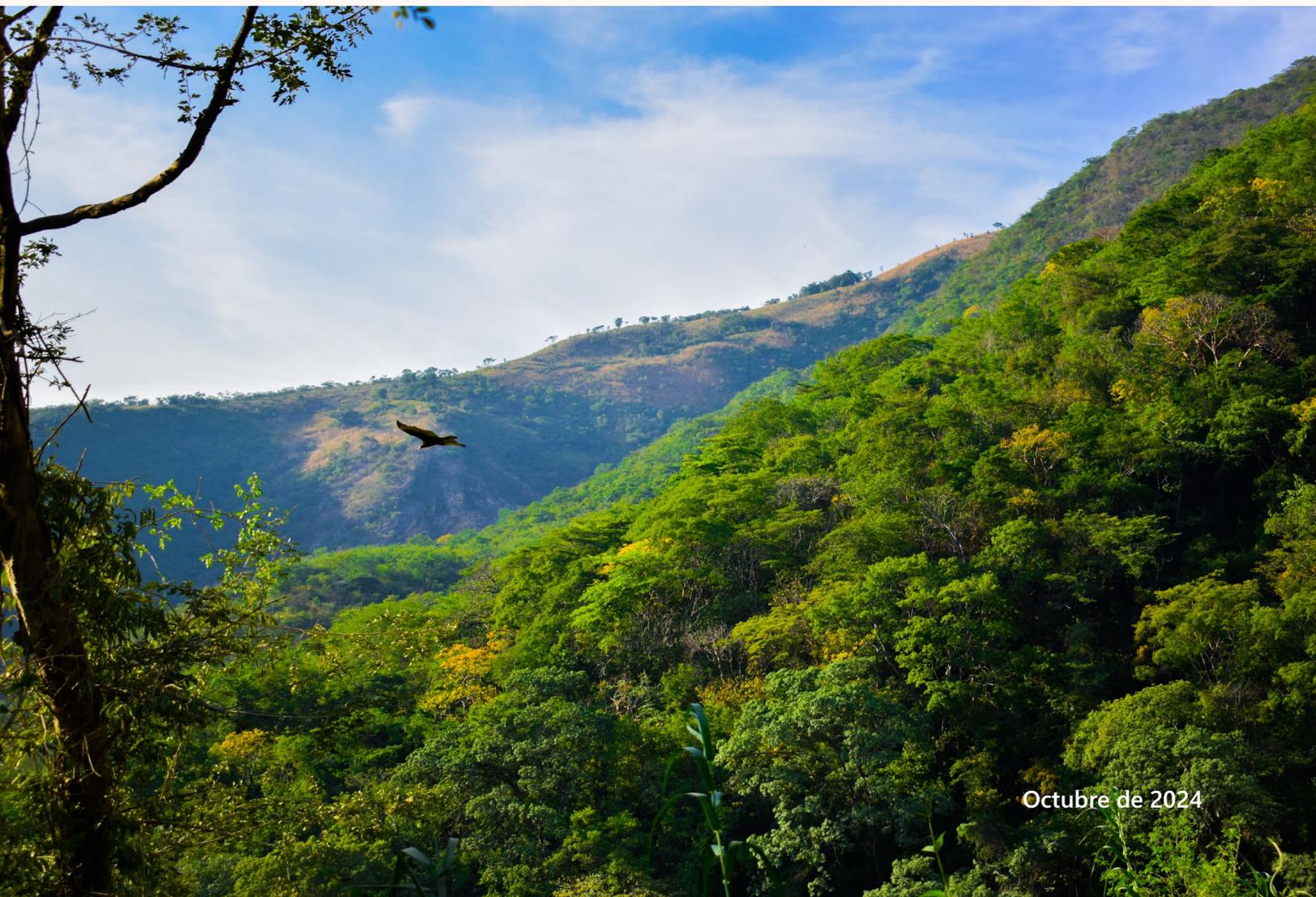




Invertir en la naturaleza para la sostenibilidad

Perspectivas corporativas provenientes de la
ciencia y la práctica



Contenido

Prefacio	3
Resumen ejecutivo.....	5
Introducción.....	7
La naturaleza es la base de la sostenibilidad y la economía	10
La importancia de proteger y restaurar la salud de los ecosistemas	14
El enfoque de Microsoft para invertir para proteger y restaurar la salud de los ecosistemas.....	18
Lecciones para el futuro.....	30
Autores.....	38
Glosario.....	39
Referencias.....	40

Prefacio

La naturaleza es la base de la sostenibilidad y la economía global. Sin embargo, estamos presenciando su alarmante declive. Se estima que el 75 % de la superficie terrestre de la Tierra se ha alterado de su estado natural,¹ mientras que la pérdida de biodiversidad se está acelerando. Estas tendencias están debilitando la capacidad de los ecosistemas para regular el clima y proporcionar otros servicios importantes, como la polinización, la filtración de agua y la producción de alimentos. La continua degradación de incluso unos pocos servicios ecosistémicos clave podría costar a la economía global 2,7 billones de dólares por año para 2030.² El Plan de Biodiversidad de las Naciones Unidas describe una estrategia para revertir la pérdida de la naturaleza y destaca el papel fundamental que deben desempeñar las empresas.

En 2020, Microsoft se embarcó en un viaje para desarrollar una estrategia corporativa para proteger y restaurar los ecosistemas. Nos comprometimos a ser negativos en carbono, positivos en agua y cero en residuos. Reconociendo la complejidad de establecer objetivos cuantitativos para los ecosistemas, nos comprometimos a proteger más tierra de la que usamos mientras utilizamos nuestra voz, herramientas e inversiones para proteger y restaurar los ecosistemas. En los últimos cuatro años, hemos invertido en todas estas áreas y nos hemos asociado con el mundo académico, la sociedad civil, los gobiernos y otras empresas para evolucionar nuestro enfoque a través del aprendizaje compartido.

Una de las ideas más importantes a lo largo de nuestro viaje es que la naturaleza, como un todo, es mayor que la suma de sus partes. Los ecosistemas son intrincadas redes de procesos que proporcionan a la humanidad servicios indispensables para mantener la vida. La disrupción de cualquier proceso individual en un ecosistema puede socavar la

capacidad del sistema para ofrecer múltiples beneficios sociales. Como resultado, reconocemos que el almacenamiento duradero de carbono basado en la naturaleza no es solo función de los árboles, sino también de los ecosistemas saludables. Del mismo modo, la reposición de agua es más efectiva cuando los ecosistemas enteros de cuencas hidrográficas están sanos. Las comunidades locales y los pueblos indígenas, administradores de estos ecosistemas desde hace mucho tiempo, son socios esenciales en su protección y restauración. Pero las empresas no están capacitadas para invertir de forma integral en la naturaleza para proteger y mejorar la salud de los ecosistemas.

En Microsoft, invertimos en la salud de los ecosistemas a través de nuestro enfoque integral para la eliminación de carbono basada en la naturaleza y la reposición del agua. También estamos avanzando en herramientas de IA y la comprensión científica para monitorear mejor la salud de los ecosistemas. Mientras tanto, a través de nuestro Fondo de Innovación Climática y nuestros esfuerzos políticos, trabajamos para construir mercados que apoyen la conservación de ecosistemas saludables.

Si bien hemos logrado progresos significativos, nuestro viaje no ha estado exento de desafíos. Sabemos que hay mucho más que hacer y que aprender. Muchas empresas enfrentan obstáculos importantes, como la falta de conocimientos, herramientas e incentivos suficientes para invertir en la salud de los ecosistemas.

En este documento, nuestro equipo de sostenibilidad, en asociación con científicos líderes de todo el mundo, destaca la importancia de invertir en la salud de los ecosistemas, compartir la experiencia de Microsoft y ofrecer conocimientos provenientes tanto de la ciencia como de la práctica sobre lo que se

necesita para maximizar el impacto de sostenibilidad de las inversiones corporativas basadas en la naturaleza y fortalecer unas condiciones más amplias para el éxito. Esperamos que estas lecciones puedan ayudar a proporcionar información sobre el camino que se debe seguir para capacitar a más empresas para que centren sus inversiones basadas en la naturaleza en la salud de los ecosistemas.

Al trabajar juntos, podemos garantizar que la naturaleza y, con ella, nuestra economía y humanidad, puedan prosperar.



Melanie Nakagawa

Melanie Nakagawa
CVP, directora de Sostenibilidad

Resumen ejecutivo

La naturaleza proporciona servicios esenciales de soporte vital para las personas y la economía, pero los ecosistemas que proporcionan estos servicios se están degradando y perdiendo rápidamente. Para evitar el aumento de los riesgos para la estabilidad económica, la salud humana y la capacidad de abordar la crisis climática, se necesitan urgentemente mayores inversiones para proteger y mejorar la salud de los ecosistemas.

Las empresas tienen un papel importante que desempeñar. Están invirtiendo cada vez más en soluciones basadas en la naturaleza, como la eliminación de dióxido de carbono, la reposición de agua o la conservación de la biodiversidad. Los beneficios específicos de estas inversiones dependen de la salud de todos los ecosistemas que proporcionan estos servicios. Sin embargo, es un desafío para las empresas considerar la salud de los ecosistemas de manera integral en las decisiones de inversión.

Microsoft colaboró con un equipo internacional de científicos para evaluar las oportunidades y desafíos de las inversiones corporativas en la naturaleza. Este documento describe la importancia de invertir en la salud de los ecosistemas, comparte la experiencia de Microsoft y ofrece conocimientos provenientes de la ciencia y la práctica.

Los desafíos clave para maximizar los beneficios de sostenibilidad de las inversiones de las empresas en la naturaleza son:

- Las inversiones corporativas en la naturaleza a menudo apuntan estrechamente a los beneficios individuales (como el carbono o el agua), sin considerar las implicaciones para todo el ecosistema o su estado.

- Las inversiones que no consideran la salud de todo el ecosistema pueden socavar la sostenibilidad.
- Las empresas carecen de los incentivos, conocimientos y herramientas para priorizar la salud de los ecosistemas.

Lecciones para avanzar

1. **Crear incentivos para invertir en la salud de los ecosistemas.** Establecer mecanismos que recompensen a las empresas por invertir en soluciones basadas en la naturaleza que mejoren la salud de los ecosistemas y garanticen los beneficios y la administración de la comunidad local.
2. **Acordar estándares basados en la ciencia para los impactos de las inversiones en la salud de los ecosistemas.** La sociedad civil y las empresas deben colaborar con los científicos para acordar estándares corporativos para describir cómo las inversiones en sostenibilidad afectan la salud de los ecosistemas.
3. **Hacer accesible la ciencia y desarrollar capacidades para usarla.** Todos los actores en los mercados basados en la naturaleza deben poder utilizar la mejor ciencia disponible para evaluar los riesgos ecológicos y sociales, diseñar proyectos que mejoren la salud de los ecosistemas y evaluarla de manera efectiva.
4. **Aceptar las compensaciones como inevitables y tratar de minimizarlas.** Si bien no todos los beneficios de sostenibilidad se pueden maximizar a la vez, la planificación estratégica puede reducir los impactos negativos y optimizar los resultados positivos.

5. **Innovar para eliminar los riesgos de la inversión.** Las inversiones basadas en la naturaleza enfrentan riesgos debido a la variabilidad de los sistemas naturales. Se necesitan mejores herramientas para comprender, asegurar y administrar estos riesgos.
6. **Expandir el financiamiento combinado.** La combinación de capital público y privado puede reducir los riesgos financieros para los inversores privados y atraer más inversiones en soluciones basadas en la naturaleza.
7. **Invertir más allá del capital.** Si bien el financiamiento es vital, los proyectos y las nuevas empresas también necesitan apoyo estratégico, lo que incluye la experiencia, las señales de demanda a largo plazo y el acceso al mercado.
8. **Usar la IA para lograr velocidad, escala y confiabilidad.** La IA puede ayudar a las empresas a priorizar la salud de los ecosistemas al permitir unas mediciones, unos análisis de compensaciones y una administración de riesgos más económicos y efectivos.

Introducción

El mundo se enfrenta a una convergencia de crisis medioambientales: cambio climático, pérdida de biodiversidad y desigualdad social. Abordar estas tres crisis requiere un enfoque integral de la sostenibilidad que priorice la salud y la integridad de los ecosistemas de nuestro planeta. Las interconexiones entre estos desafíos de sostenibilidad se reflejan en los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ONU) y se abordan tanto en el Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático como en el Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal. La base de cada uno de estos acuerdos es un claro consenso científico: un mundo natural próspero es esencial para lograr cualquiera de los objetivos de sostenibilidad global.

Las empresas contribuyen cada vez más a proteger y restaurar el mundo natural. Muchas invierten en la naturaleza para cumplir sus objetivos de sostenibilidad, por ejemplo, para eliminar el carbono de la atmósfera, reponer el agua o proteger la biodiversidad. Las inversiones del sector privado en soluciones basadas en la naturaleza (SbN)³ aumentaron de 26 mil millones de dólares anuales en 2022 a casi 36 mil millones anuales en 2023, lo que representa el 18 % de las inversiones globales en SbN.^{4,5} Se espera que estas cifras aumenten en los próximos años a medida que más iniciativas pidan a las empresas que consideren la naturaleza en sus informes y planificación comercial.^{6,7,8} Recientemente surgieron muchas iniciativas. Algunas son voluntarias, como el Grupo de Trabajo sobre Divulgaciones Financieras Relacionadas con la Naturaleza (TNFD), mientras que otras son regulatorias, como la Directiva de Informes de Sostenibilidad Corporativa (CSRD) de la Unión Europea, la Ley de Restauración de la Naturaleza y el mandato de Ganancia Neta de Biodiversidad del Reino Unido.

La salud del ecosistema³ se refiere a qué tan bien un ecosistema apoya y mantiene las poblaciones nativas de especies y procesos ecológicos clave, como el flujo de la energía, el ciclo de los nutrientes y el movimiento de la materia orgánica. La salud de ecosistemas sustenta los servicios ecosistémicos, como la polinización, la purificación del agua y la reducción del riesgo de calor. La salud del ecosistema también se conoce como integridad del ecosistema o funcionamiento del ecosistema.⁹

La salud de los ecosistemas existe en un espectro. Los ecosistemas saludables tienen poblaciones robustas de especies nativas, pocas amenazas no manejadas y reducciones mínimas en tamaño o extensión, y apoyan fuertes procesos ecológicos. Los ecosistemas menos saludables pueden haberse visto afectados significativamente por la actividad humana, haber perdido especies nativas y tener procesos ecológicos que funcionan mal, pero aún pueden proporcionar algunos servicios como la absorción de carbono. Los ecosistemas no saludables están severamente degradados o manipulados intensamente, y, como resultado, han perdido su estructura natural y su capacidad de entregar de manera confiable su conjunto completo de servicios ecosistémicos. Las inversiones en la naturaleza son más efectivas cuando se centran en proteger o mejorar la salud de los ecosistemas.

Es alentador ver que las inversiones corporativas en la naturaleza aumentan. Pero hay un problema: estas inversiones a menudo se centran en partes individuales de un ecosistema, como el carbono, el agua o la biodiversidad, de forma aislada, y con frecuencia no abordan las aspiraciones y vulnerabilidades de las comunidades indígenas y locales.

Proceso: los microbios absorben nitrógeno, un nutriente esencial, y devuelven el exceso de nitrógeno, un contaminante, a la atmósfera.

Disrupción humana:
La producción de fertilizantes industriales socava la capacidad de los microbios para eliminar el exceso de nitrógeno de la tierra y el agua.

Proceso: las plantas proporcionan oxígeno y absorben y almacenan CO₂ de la atmósfera.

Disrupción humana:
La deforestación ha socavado la absorción de CO₂ por parte de los bosques.

Microbios

Los ecosistemas son redes de procesos interconectados que proporcionan servicios vitales.

La disrupción de cualquier proceso puede socavar múltiples servicios.

Plantas y árboles

Proceso: los microbios son esenciales para la salud animal y el reciclaje de la materia orgánica.

Disrupción humana:
El uso generalizado de antibióticos ha llevado a la disminución de la diversidad microbiana y al aumento de patógenos de rápido crecimiento y resistentes a los medicamentos.

Proceso: las plantas proporcionan alimento a los animales, que esparcen semillas y polinizan plantas.

Disrupción humana:
La degradación del hábitat y el uso de pesticidas han llevado a la disminución de las especies de insectos, aves y murciélagos que polinizan la mayoría de los cultivos en todo el mundo.

Agua

Suelos

Animales

Figura 1: Procesos ecológicos que proporcionan servicios vitales a la humanidad ilustrativos. Cuando los ecosistemas de la naturaleza son saludables, mantienen procesos ecológicos esenciales, sostienen la biodiversidad y proporcionan colectivamente numerosos beneficios a los humanos, como aire limpio, agua, alimentos y estabilidad climática. Ten en cuenta que estos son solo algunos ejemplos de procesos ecológicos que existen en la naturaleza y las formas en que los humanos los disrumen.^{10,11,12,13,14}

La naturaleza y la sociedad, sin embargo, no son simplemente una colección de partes; funcionan como un conjunto de sistemas interconectados, donde cada componente desempeña un papel crucial y está vinculado a otros, todos apoyando los servicios ecosistémicos de los que depende la humanidad (Figura 1). Las inversiones que no consideran la salud de todo el ecosistema, y las comunidades que dependen de él, corren el riesgo de desestabilizar estos ecosistemas y poner en peligro la prestación de servicios vitales para la humanidad.

Un número creciente de iniciativas globales ahora destacan que, para avanzar en los objetivos de sostenibilidad, las inversiones basadas en la naturaleza deben considerar de manera integral la salud de los ecosistemas y las necesidades de las

comunidades indígenas y locales. Estas iniciativas incluyen el Estándar Global para Soluciones Basadas en la Naturaleza de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza,¹⁵ el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración, el manual del Estándar Mundial de Biodiversidad y la Coalición para la Inversión Privada en la Conservación. Sin embargo, las empresas a menudo carecen de los incentivos, conocimientos y herramientas necesarios para dirigir las inversiones a mejorar la salud de los ecosistemas y apoyar a las comunidades indígenas y locales.

En los últimos cuatro años, Microsoft ha trabajado para construir una estrategia integral para invertir en la naturaleza. Si bien se han logrado progresos, no han sido fáciles. Para aprender de esta experiencia

y de la mejor ciencia disponible, el equipo de sostenibilidad medioambiental de Microsoft colaboró con un grupo internacional de investigadores y profesionales líderes para evaluar las oportunidades y desafíos de las inversiones corporativas en la naturaleza. En este artículo, analizamos la importancia de las inversiones en la naturaleza para la sostenibilidad, analizamos los desafíos que enfrentan las empresas, compartimos la experiencia de Microsoft y ofrecemos lecciones aprendidas de la ciencia y la práctica para ayudar a orientar el camino que se debe seguir.

La naturaleza es la base de la sostenibilidad y la economía



La naturaleza es la base sobre la que se construye la sostenibilidad. La salud y la vitalidad de los ecosistemas naturales sustentan la estabilidad y la resiliencia de las economías mundiales y el bienestar de las comunidades. Hay muchos ejemplos de cómo un mundo natural próspero es fundamental para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible y garantizar un futuro próspero para todos. Los siguientes son algunos de ellos.

Los objetivos de mitigación del clima no pueden cumplirse sin ecosistemas saludables. Para mantener el calentamiento global muy por debajo de 2 °C, el objetivo establecido en el Acuerdo de París, se necesitan reducciones rápidas en las emisiones de gases de efecto invernadero.¹⁶ Sin los servicios de la naturaleza, la tarea de reducción de emisiones sería mucho mayor. Los procesos ecológicos en la tierra absorben aproximadamente una cuarta parte del dióxido de carbono que las actividades humanas emiten cada año.¹¹ Una cantidad aproximadamente igual de carbono la eliminan los procesos físicos y biológicos en el océano.¹¹ Sin embargo, a medida que los ecosistemas se degradan o destruyen, sus grandes reservas de carbono se liberan a la atmósfera, amplificando la crisis climática. Los bosques y los suelos por sí solos contienen de dos a tres veces más carbono que la atmósfera misma.¹⁷ A través de la restauración y protección de ecosistemas, como bosques y humedales, se puede lograr una eliminación de dióxido de carbono y reducciones de emisiones adicionales. Los científicos estiman que proteger y restaurar la naturaleza podría hacer una contribución sustancial a los esfuerzos de mitigación del clima, pero solo una parte de este potencial se está alcanzando hoy en día.¹⁸

Los suministros sostenibles de agua requieren ecosistemas saludables. Imagina un mundo sin agua limpia fácilmente disponible: esta dura realidad existe hoy para muchas personas¹⁹ y está más cerca de lo que pensamos para muchas otras. Los ríos, lagos y acuíferos sirven como fuentes críticas de agua dulce, cruciales para la existencia humana y las actividades económicas. La naturaleza desempeña un triple papel para garantizar la seguridad hídrica: como fuente (ríos, lagos, aguas subterráneas, etc.), como filtro (suelos, plantas y microbios que eliminan contaminantes) y como regulador (humedales y bosques que mitigan inundaciones y sequías). Reemplazar los servicios de agua de la naturaleza con procesos industriales, como la desalinización o el tratamiento convencional del agua, sería mucho más costoso.²⁰

Según un estudio reciente, más de 4 mil millones de personas aún carecen de acceso confiable al agua potable,²¹ más del doble de las estimaciones anteriores,²² destacando la necesidad urgente de soluciones sostenibles de gestión del agua. Lograr el objetivo del acceso universal al agua limpia y al saneamiento requerirá mejorar los servicios de los ecosistemas naturales que brindan resiliencia a la sequía y protegen la calidad del agua, junto con prácticas de gestión del agua más sostenibles. Las principales ciudades y corporaciones están invirtiendo cada vez más en soluciones basadas en la naturaleza para abordar los desafíos de calidad y seguridad del agua.^{23,24,25,26}

Una economía mundial sostenible y próspera requiere ecosistemas saludables. La economía global depende de los flujos de bienes y servicios de la naturaleza. Esto incluye las materias primas cruciales para la construcción (madera, minerales), la fabricación (metales, fibras) y productos farmacéuticos (medicamentos a base de plantas), así como servicios esenciales, como la polinización, la filtración de agua y la regulación del clima, componentes clave de las cadenas de suministro globales.^{27,28}

Aunque las contribuciones económicas completas de la naturaleza están mal cuantificadas, el reciente informe del Banco Mundial, *The Economic Case for Nature*, estima que para 2030, la economía mundial podría sufrir 2,7 billones de dólares en pérdidas debido al colapso de algunos servicios naturales y algunos países de bajos ingresos podrían perder aproximadamente el 10 % de su PIB anual.²⁹ Estas predicciones se basan en suposiciones cautelosas y solo capturan las contribuciones de la naturaleza a un número limitado de sectores y, por lo tanto, subestiman los verdaderos riesgos económicos planteados por la naturaleza en declive.^{29,30}

Más allá de sus contribuciones directas, la naturaleza también mitiga los riesgos sociales, incluidos los desastres naturales y la amenaza de pandemias.^{31,32,33} En las últimas dos décadas, las inundaciones y sequías han afectado a 1800 millones de personas y han causado más de 775 mil millones de dólares en daños.³⁴ La protección y restauración de ríos, humedales y cuencas hidrográficas puede mitigar estos impactos al regular el flujo de agua y reponer los suministros.

Los líderes empresariales son cada vez más conscientes de estos riesgos. La encuesta de riesgo global más reciente del Foro Económico Mundial clasifica el clima extremo, la pérdida de biodiversidad, el colapso de los ecosistemas y la escasez de recursos naturales como las mayores fuentes de riesgo en un horizonte de una década,³⁴ superando preocupaciones como la inseguridad cibernética, los conflictos armados interestatales y la polarización social.

Las economías circulares dependen de los ecosistemas saludables. Los procesos ecosistémicos son fundamentales para reciclar el agua y los desechos. Por ejemplo, los ecosistemas como los bosques y los espacios verdes en áreas urbanas procesan el agua absorbiendo la escorrentía, filtrando partículas y convirtiendo los contaminantes disueltos en formas menos dañinas a través de la actividad

microbiana, reduciendo los costos de tratamiento del agua y evitando que las alcantarillas se desborden y contaminen los ríos durante las tormentas. Las plantas y los microbios ayudan aún más a limpiar los suelos contaminados, creando un hábitat para los animales y aumentando el valor de las propiedades.

Además, los procesos naturales convierten el material de desecho en recursos valiosos y nos dan nuevas ideas para productos que evitan el desperdicio en la fuente. El compostaje convierte el desperdicio de alimentos en enmiendas del suelo ricas en nutrientes, reduciendo la carga de los vertederos y mejorando la salud del suelo. Los métodos de producción inspirados en la naturaleza, como el uso de materiales biodegradables derivados de plantas y el cultivo de alimentos y árboles juntos en sistemas agroforestales, pueden crear productos que generen menos desechos y contaminación.

Las economías circulares también apoyan de forma inherente a los ecosistemas saludables. Al mantener los materiales en circulación durante más tiempo, las economías también reducen la necesidad de extraer y refinar nuevos materiales de la naturaleza. El reciclaje de papel y vidrio reduce la necesidad de talar más árboles y extraer más arena, y reduce la energía utilizada y el carbono liberado en el procesamiento de estos materiales en nuevos productos.

Las soluciones basadas en la naturaleza son acciones tomadas para proteger, gestionar o restaurar ecosistemas naturales o modificados de manera que aborden los desafíos sociales.³

La biodiversidad es la base de ecosistemas saludables. La biodiversidad abarca la amplia gama de especies, desde árboles imponentes hasta organismos microscópicos. Esta diversidad genética ha permitido a estas especies adaptarse a condiciones medioambientales diferentes o cambiantes en una amplia gama de ecosistemas, desde las profundidades marinas hasta las selvas

tropicales y los desiertos (Figura 2). Las complejas interacciones dentro de los ecosistemas y entre ellos dan forma al planeta y a nuestras vidas.

La biodiversidad se está perdiendo a un ritmo alarmante. Los científicos estiman que 1 millón de especies están actualmente al borde de la extinción.^{9,35} Por ejemplo, los ecosistemas de arrecifes de coral están siendo degradados por las olas de calor del océano, la acidificación de los océanos y las zonas muertas con poco oxígeno, lo que lleva a la pérdida de hábitat y redes alimentarias para innumerables organismos marinos.

La pérdida de biodiversidad se reconoce con mayor frecuencia en la disminución de especies clave, como las abejas, que están desapareciendo debido a la pérdida de hábitat, los pesticidas, los monocultivos, las enfermedades y otros factores estresantes.^{36,37} Su declive amenaza la seguridad alimentaria, ya que las abejas polinizan muchos cultivos, incluyendo almendras, manzanas, aguacate, algodón y canola. La reducción de las poblaciones de abejas y otras especies polinizadoras conduce a menores rendimientos de los cultivos y mayores costos de producción.^{12,38,39}

La pérdida de biodiversidad también puede tener efectos en cascada más amplios en los servicios de la naturaleza a las personas. Por ejemplo, la pérdida de especies forestales, desde árboles hasta comunidades microbianas del suelo, afecta directamente la tasa de absorción natural de carbono. Los ecosistemas forestales que cuentan con más de sus especies nativas son más efectivos a la hora de capturar y almacenar dióxido de carbono de la atmósfera, lo que contribuye significativamente a la regulación del clima.⁴⁰ Sin diversidad de especies, los bosques pierden su resiliencia a las perturbaciones y su capacidad para absorber la disminución de carbono.⁴¹ Por lo tanto, proteger la biodiversidad es esencial no solo para mantener la salud de los ecosistemas, sino también para mejorar la mitigación natural del clima a través de la absorción de carbono.

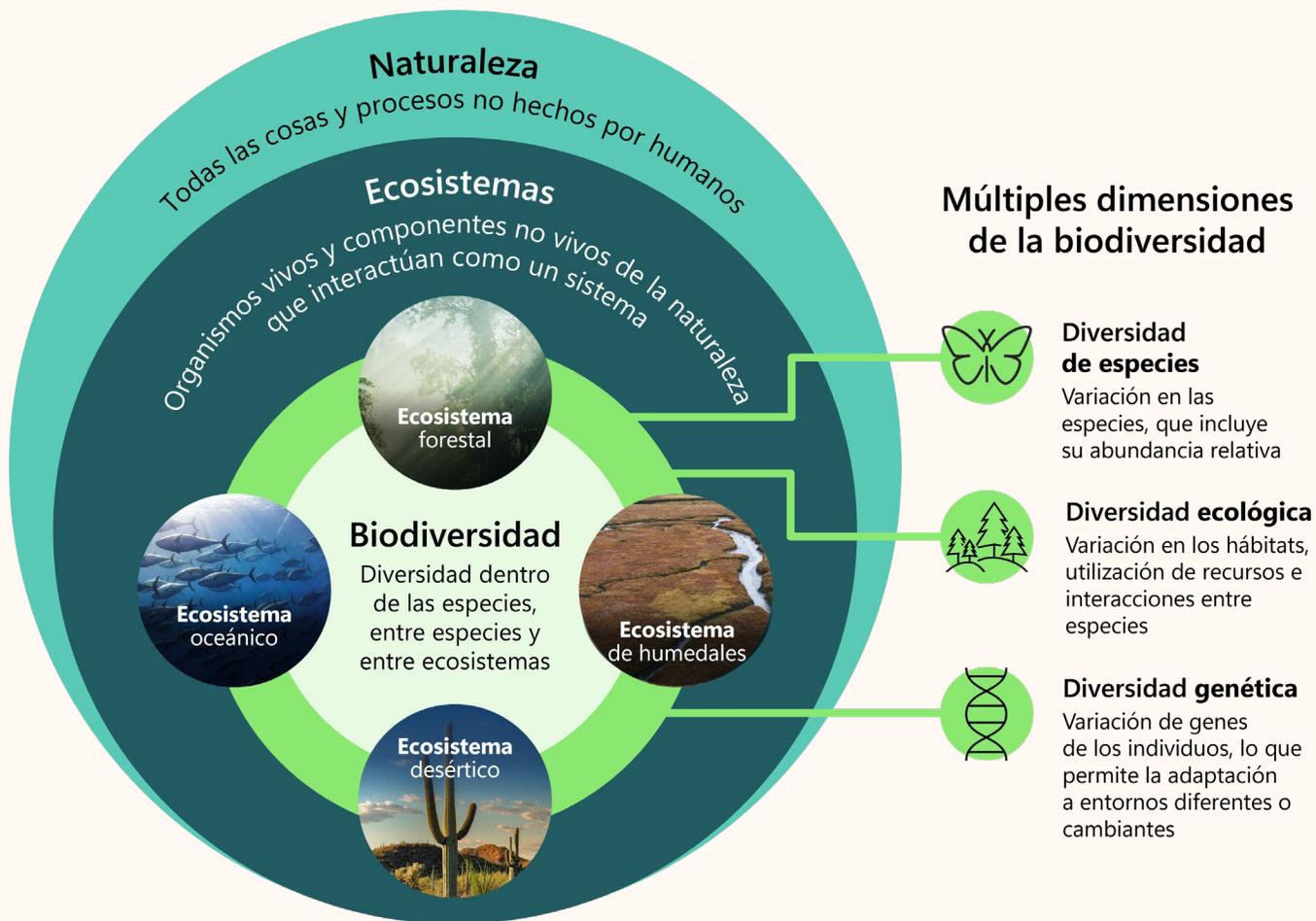


Figura 2: Definiciones y relaciones: naturaleza, ecosistemas y biodiversidad. La naturaleza consiste en una amplia gama de ecosistemas, todos interconectados a través del flujo de energía, recursos y especies. La biodiversidad abarca la variedad de tipos de ecosistemas, especies (incluidos los microbios) y diversidad genética. Si bien la biodiversidad es un indicador crucial de la salud de los ecosistemas, no es el único. Otros factores, como la resiliencia, la conectividad, el funcionamiento de los procesos ecológicos y la prestación de servicios de los ecosistemas, también desempeñan un papel esencial en la determinación de su salud general.

La pérdida de biodiversidad en cualquier forma (como la pérdida de diversidad genética, especies o ecosistemas) socava todos los servicios de los ecosistemas, desde la polinización y la regulación del clima hasta la fertilidad del suelo, la purificación del agua, la reducción del riesgo de inundación, la regulación del estrés por calor y muchos otros que son críticos para las operaciones comerciales y la estabilidad económica.⁴² Por lo tanto, proteger la biodiversidad no solo es un imperativo de conservación, sino que también es esencial para

garantizar cadenas de suministro resilientes, un clima estable y una seguridad alimentaria e hídrica.

Si bien invertir en la naturaleza es solo una de las acciones críticas necesarias para alcanzar los objetivos de sostenibilidad global, es una acción esencial. No podemos tener un planeta próspero y personas prósperas sin un mundo natural próspero.

La importancia de proteger y restaurar la salud de los ecosistemas



“[Las soluciones basadas en la naturaleza] se derivan como bienes y servicios de los ecosistemas, por lo tanto, dependen en gran medida de la salud de un ecosistema.”—UICN¹⁵

Las empresas están invirtiendo cada vez más en la naturaleza para cumplir sus objetivos de sostenibilidad, buscando crédito por una cantidad cuantificada de carbono reducido o eliminado, reposición de agua o protección de la biodiversidad. Si estas inversiones no están diseñadas para apoyar la salud de todo el ecosistema, pueden socavar los objetivos de sostenibilidad al reducir la resiliencia ecológica y comunitaria y contribuir a la degradación a largo plazo de los ecosistemas y sus servicios.⁴³

La ciencia indica que las inversiones integrales basadas en la naturaleza, que buscan proteger y restaurar la salud de los ecosistemas, tienen más probabilidades de proporcionar servicios resilientes.⁴⁴ Considere la compra de créditos de carbono a través de una inversión en la plantación de árboles. Si bien los árboles pueden ser una importante solución climática basada en la naturaleza, el tipo de árbol, dónde se planta y qué otras especies están presentes son muy importantes para los resultados climáticos. Los árboles no nativos se usan a menudo porque pueden crecer rápidamente y almacenar más carbono a corto plazo.^{45,46} Sin embargo, los árboles nativos a menudo se adaptan mejor a las condiciones locales, por lo que es más probable que resistan las tensiones locales. Por ejemplo, el árbol Kamagong, nativo de Filipinas, tiene sistemas de raíces profundas que lo ayudan a resistir el daño de los vientos tifones mejor que los árboles no nativos de raíces poco

profundas.⁴⁷ Del mismo modo, el árbol Molave, nativo de Filipinas, tiene una alta tolerancia a la sequía y hojas resistentes a las plagas, a diferencia de las especies no nativas de rápido crecimiento.⁴⁸

La plantación de árboles no nativos, seleccionados solo por su capacidad para almacenar carbono a corto plazo, también puede dañar los suelos locales y los suministros de agua,⁴⁹ degradando el hábitat de las plantas y animales nativos y socavando la supervivencia de los propios árboles.⁵⁰ Las plantaciones de árboles destinadas a estabilizar el clima también pueden acidificar los suelos y aumentar los incendios forestales,⁵¹ causando la contaminación del aire y aumentando los riesgos para la salud.

Es probable que los mayores beneficios climáticos de las inversiones en árboles provengan del cultivo conjunto de muchos tipos de plantas nativas, en lugar de una plantación compuesta por solo una o dos especies de árboles.⁵² La biodiversidad puede ser un factor clave en la resiliencia de un ecosistema a perturbaciones como la sequía,⁵³ las plagas⁵⁴ y los incendios forestales.⁵⁵ En relación con esto, la diversidad biológica también puede ser un factor clave para ayudar a los ecosistemas restaurados a adaptarse al cambio climático (véase el recuadro 1).⁵⁶

La capacidad de los pueblos indígenas y las comunidades locales para obtener medios de vida de los ecosistemas forestales biodiversos es clave para su aceptación como socios esenciales para el éxito a largo plazo y la confiabilidad de las soluciones basadas en la naturaleza.⁴⁵ Las tierras de los pueblos indígenas y las comunidades locales contienen alrededor del 34 % de lo que se conoce como carbono irrecuperable, carbono almacenado en ecosistemas que, si se libera a la atmósfera, no podría ser reemplazado para 2050.⁵⁷

Las comunidades locales e indígenas tienen un conocimiento de incalculable valor sobre ecosistemas saludables y pueden proporcionar información

esencial para el diseño e implementación efectivos de SbN.⁵⁸ Su participación activa puede ayudar a garantizar que los proyectos de SbN sean culturalmente apropiados, equitativamente beneficiosos y mantenidos de manera sostenible a lo largo del tiempo. Al involucrar o apoyar a las comunidades locales, las empresas pueden mejorar la resiliencia y la eficacia de sus inversiones en SbN, asegurando que estos proyectos proporcionen beneficios duraderos.^{59,60}



Miembros de la comunidad colaboran con CIFOR-ICRAF para proteger turberas tropicales ricas en carbono en Quistococha, Perú. (© Junior Raborg/CIFOR-ICRAF)

Las directrices corporativas están comenzando a resaltar la importancia de abordar las inversiones en SbN desde una perspectiva integral, en lugar de centrarse solo en un solo servicio. Por ejemplo, el informe de 2024 *Natural Climate Solutions for the Voluntary Carbon Market: An Investor Guide for Companies and Financial Institutions* enfatiza la importancia de la biodiversidad y la salud de los ecosistemas como partes integrales de los SbN de alta integridad para el clima.⁶¹ Incluso con las directrices generales emergentes, las empresas pueden enfrentar desafíos invirtiendo eficazmente en la protección y restauración de ecosistemas saludables, debido a limitaciones en la ciencia, los datos y las herramientas.

Recuadro 1: Información e insumos necesarios para restaurar ecosistemas nativos, biodiversos y resilientes

La restauración de bosques saludables en un clima cambiante requiere seleccionar las especies de árboles correctas para el lugar y el propósito correctos. Sin embargo, encontrar especies apropiadas y obtener plántulas para la siembra a gran escala puede ser un desafío. Mejores herramientas para identificar qué especies plantar son críticas, al igual que el desarrollo de suministros de diversas plántulas nativas.

El Centro para la Investigación Forestal Internacional y la Agrosilvicultura Mundial (CIFOR-ICRAF) ha desarrollado la [base de datos Rangos medioambientales observados a nivel mundial de árboles \(TreeGOER\)](#), que documenta 51 variables medioambientales relacionadas con las ocurrencias observadas de más de 48 000 especies de árboles, permitiendo a los administradores de tierras e investigadores identificar qué especies de árboles crecerán y prosperarán en las condiciones climáticas actuales y futuras. TreeGOER se complementa con el [Laboratorio de Dendrocronología \(datación de anillos de árboles\)](#), que reconstruye el rendimiento pasado de los árboles en términos de su tolerancia a la sequía, dinámica de crecimiento y productividad y eficiencia en el uso del agua. Usuarios de todo el mundo han accedido a TreeGOER más de 5 millones de veces.

CIFOR-ICRAF también se ha asociado con la Iniciativa de Restauración del Paisaje Forestal Africano y la Unión Africana y el Banco Africano de Desarrollo para construir [bancos de genes](#) que suministren semillas para docenas de especies de árboles. Estas herramientas permiten a los usuarios explorar el impacto de las condiciones climáticas en las especies de árboles y enfocarse mejor en plantar los árboles correctos en el lugar correcto para apoyar la restauración y la adaptación al cambio climático.



Vivero de plántulas de acacia en Yangambi, República Democrática del Congo. (© Axel Fassio/CIFOR-ICRAF)

Afortunadamente, estos desafíos están comenzando a abordarse. Por ejemplo, instituciones internacionales de investigación, como el Centro para la Investigación Forestal Internacional y la Agrosilvicultura Mundial (CIFOR-ICRAF), están trabajando con grupos de múltiples partes interesadas para desarrollar ciencia, herramientas y programas para una cartera de SbN que logre almacenar carbono, aumentar la biodiversidad, asegurar empleos y mejorar los medios de vida.⁶² El Centro Wilkes de Ciencia y Política Climática de la Universidad de Utah ha desarrollado herramientas basadas en la ciencia que pueden ayudar a las empresas a evaluar los riesgos relacionados con el clima para las soluciones basadas en la naturaleza para el carbono (véase el recuadro 2), y está desarrollando modelos alternativos para el crédito corporativo de sostenibilidad basada en la naturaleza.⁶³

Recuadro 2: Herramientas para evaluar los riesgos de las soluciones basadas en la naturaleza

Las estimaciones sólidas de los riesgos son cruciales para escalar con éxito las SbN de alta calidad. En particular, los proyectos de SbN con un objetivo de mitigación climática deben durar de 50 a 100 años o más, dependiendo de los objetivos y reclamos hechos por la inversión.⁶³ Los riesgos para las SbN para la mitigación del clima incluyen riesgos del sistema humano (como los sociales, de gobernanza, económicos y financieros) y los relacionados con la naturaleza (como incendios forestales, sequías, huracanes y plagas).

Si bien persiste una enorme incertidumbre sobre el futuro del sumidero mundial de carbono terrestre, es cada vez más posible cuantificar los patrones regionales y mundiales en el riesgo de perturbaciones. Un objetivo importante es determinar la durabilidad de las reservas de carbono de los ecosistemas durante décadas o siglos. Se han utilizado varios enfoques, desde big data y aprendizaje automático hasta modelos del sistema terrestre, para cuantificar estos riesgos. Se han producido mapas detallados de durabilidad y riesgo de carbono para los bosques de los Estados Unidos con perfiles de riesgo forestal global en progreso. Se están desarrollando conjuntos de datos listos para políticas que cuantifican el tamaño del fondo de reserva necesario, en función de las evaluaciones de riesgos, en los protocolos y programas de SbN, y se espera que estén listos pronto.

Las necesidades clave a corto plazo para la evaluación del riesgo de carbono incluyen, en términos generales, una mejor descripción de los riesgos de perturbaciones individuales, mejores datos sobre los riesgos de los sistemas humanos, cómo y dónde la biodiversidad y la salud de los ecosistemas afectan los perfiles de riesgo natural, y herramientas de código abierto que incorporan la mejor ciencia disponible para que las usen las partes interesadas. Se necesitan avances similares para comprender y cuantificar los riesgos para otros beneficios de SbN.

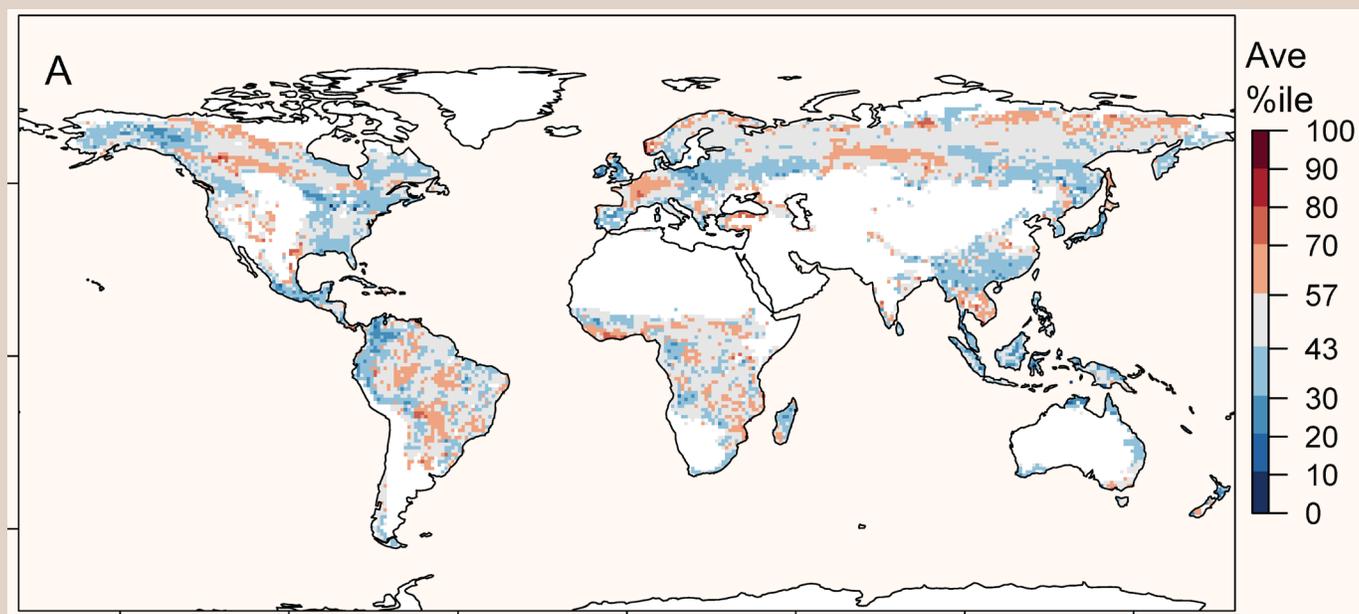


Figura 3: Comparaciones y síntesis a través de diferentes ejes de riesgo climático. Percentil promedio de riesgo combinado en todas las métricas donde el percentil cero es el riesgo climático más bajo y el percentil 100 es el riesgo climático más alto, promediado en todos los conjuntos de datos que cubrieron una celda de cuadrícula determinada, en siete conjuntos de datos de riesgo de carbono.⁶³

El enfoque de Microsoft para invertir para proteger y restaurar la salud de los ecosistemas



Para 2030, Microsoft se compromete a negativo en carbono, positivo en agua y cero en residuos, y al tiempo proteger los ecosistemas y conservar más tierra de la que utiliza. Nuestro enfoque para alcanzar estos objetivos implica una serie de estrategias, que incluyen la reducción del consumo de recursos a través de eficiencias e innovaciones, el abastecimiento de energía sin carbono, el uso de refrigeración sin agua para los centros de datos y el diseño para la circularidad.

Además de estos cambios centrales en las operaciones, Microsoft está invirtiendo en la naturaleza para eliminar el carbono de la atmósfera, reponer el agua en cuencas con estrés hídrico y proteger la tierra para la conservación ecológica. Estos esfuerzos implican el desarrollo de programas y asociaciones enfocadas en la salud de los ecosistemas. Dado que no existe un estándar común para identificar los impactos en la salud de los ecosistemas de las inversiones, sigue siendo un desafío para Microsoft y otras empresas dirigir sus recursos hacia proyectos SbN que lo prioricen.

Los desafíos clave incluyen: (1) incertidumbre sobre cómo evaluar, rastrear y predecir mejor la salud de los ecosistemas; (2) un suministro limitado de proveedores de proyectos basados en la naturaleza con los recursos y la experiencia para gestionar de forma integral la salud de los ecosistemas; y (3) asegurar compromisos a largo plazo de las partes interesadas para garantizar la administración continua y beneficios duraderos.

Invertir directamente en la naturaleza

Microsoft tiene como objetivo adoptar un enfoque ecosistémico integral para la conservación de la tierra, la reposición del agua y la eliminación de carbono. Superar los desafíos ha requerido una amplia investigación, asociaciones e innovación.

En los últimos cuatro años, Microsoft ha cumplido más del 60 % de sus objetivos volumétricos de reabastecimiento de agua con soluciones basadas en la naturaleza.²⁶ Microsoft reconoce que los problemas relacionados con el agua no tienen que ver solo con el agua (véase el recuadro 3). Resolver los desafíos del agua también implica considerar las emisiones de gases de efecto invernadero, la biodiversidad y la salud y los medios de vida humanos. Como resultado, el progreso se mide mediante el seguimiento del agua repuesta en relación con los objetivos, al tiempo que se evalúa el valor del proyecto para la comunidad y su impacto en la salud de las cuencas hidrográficas. Debido a que actualmente no hay estándares del sector corporativo disponibles para rastrear los beneficios de los proyectos de reabastecimiento de agua, Microsoft está apoyando una colaboración para desarrollar métodos para evaluar sistemáticamente los beneficios de la biodiversidad acuática y terrestre de las inversiones en SbN realizadas en cuencas hidrográficas para la reposición de agua.⁶⁴ Las organizaciones colaboradoras incluyen el Instituto del Pacífico, el CEO Water Mandate del Pacto Mundial de las Naciones Unidas, LimnoTech, The Nature Conservancy y Second Nature Ecology + Design.

Microsoft también ha desarrollado asociaciones para identificar ecosistemas críticos en regiones con estrés hídrico donde las inversiones específicas pueden restaurar entornos saludables. Por ejemplo, a través de Texas Water Action Collaborative facilitado por Texan by Nature, Microsoft y otros cuatro financiadores corporativos se emparejaron con un

proyecto del Equipo Texas Longleaf, una asociación público-privada dedicada a restaurar bosques de pinos de hoja larga en la cuenca del río Trinity en el este de Texas. El pino nativo de hoja larga es vital para este ecosistema, filtrando y almacenando agua dulce, absorbiendo carbono y apoyando la biodiversidad. También desempeña un papel clave en la resiliencia ecológica, prosperando en condiciones climáticas adversas y proporcionando hábitat para especies amenazadas y en peligro de extinción.

Microsoft también adopta un enfoque integral en sus inversiones basadas en la naturaleza para lograr sus objetivos de eliminación de carbono. En estas inversiones, Microsoft busca socios y proyectos que puedan contribuir a restaurar la integridad ecológica local y regional de los ecosistemas, tanto en América del Norte como en los trópicos.



Salmón rojo en el río Klamath. (© Adobe Stock)

Recuadro 3: Invertir en mejorar la salud de las cuencas hidrográficas

Para Microsoft, cumplir con su objetivo de reabastecimiento de agua es más que un volumen de agua. Se trata de priorizar y abordar las necesidades más amplias de toda una cuenca y las personas que la habitan. Es por eso que la compañía ve el valor de evaluar los beneficios colaterales del ecosistema de los proyectos de reabastecimiento siempre que sea posible, como la mejora de la calidad del agua, la protección de la biodiversidad y el almacenamiento de carbono. Por ejemplo, Microsoft se ha asociado con la ONG medioambiental global Conservación Internacional (CI) y el Laboratorio de Restauración Ecológica de la Universidad Nacional Autónoma de México para restaurar el ecosistema del humedal de Xochimilco, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.⁶⁵ Este ecosistema es el último remanente natural del sistema lagunar del Valle de México, que se ha visto gravemente afectado por la expansión de la Ciudad de México, lo que ha provocado escasez de agua y contaminación. Los humedales reponen naturalmente el agua y reducen la contaminación al absorber, filtrar y almacenar precipitaciones y escorrentías, de importancia crítica para las comunidades con estrés hídrico y climático como Xochimilco.⁶⁶ Las acciones en Xochimilco se centran en la restauración de cursos de agua, el restablecimiento de la vegetación nativa de los humedales y el empleo de biofiltros para mejorar la calidad del agua.

Xochimilco fue blanco de Microsoft porque, además de su capacidad para reponer más de 3785 millones de litros de agua, que se confirmará después de la finalización del proyecto, el humedal alberga el 11 % de la biodiversidad de México, como la salamandra axolotl en peligro de extinción, un indicador biológico de la calidad del agua.^{26,67}

Aunque es demasiado pronto para decir qué significará la restauración de Xochimilco para estos servicios ecosistémicos, los proyectos de restauración de humedales generalmente aumentan la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos hasta en un 30%.⁶⁸ Otro servicio ecosistémico proporcionado por los humedales de agua dulce, a nivel mundial, es la absorción y el almacenamiento del 20 al 30 % de todo el carbono del suelo,^{69,70,71} a pesar de ocupar solo del 5 al 8 % de la superficie terrestre de la tierra.⁷² Otro servicio importante que prestan los ecosistemas de humedales es la alimentación. El proyecto Xochimilco también está trayendo chinampas, islas artificiales para el cultivo de cultivos que datan del período azteca. Por lo tanto, los esfuerzos de Microsoft y Conservación Internacional no solo agregan litros de agua, sino también un ecosistema de alta integridad en el corazón de la Ciudad de México.



Salamandra de Axolotl en peligro de extinción que habita en los humedales de Xochimilco en la Ciudad de México. (© Robert Roehl)

Por ejemplo, Microsoft contribuyó al Proyecto Blue Creek Forest de Western Rivers Conservancy en la cuenca del río Klamath de California. Este proyecto no solo ayuda a construir reservas forestales de carbono, sino que también está ayudando a establecer el Bosque Blue Creek y el Santuario del Salmón, que protegerá 19 000 hectáreas de selva tropical templada. Además, los ingresos de la venta de créditos de carbono han ayudado a Western Rivers Conservancy a adquirir y devolver a la tribu Yurok parte de su territorio ancestral.

En la Mata Atlántica de América del Sur, uno de los ecosistemas más amenazados del mundo, después de haber sufrido una asombrosa pérdida del 88 % de su vegetación⁷³ original, Microsoft se ha asociado con re.green para regenerar bosques en tierras de pastoreo degradadas en Brasil. Este proyecto restaurará estas tierras con más de 10 millones de árboles, que eliminarán el carbono de la atmósfera y lo almacenarán durante décadas. Y debido a que Microsoft entiende que los ecosistemas saludables son importantes para la eliminación de carbono de mayor durabilidad, está trabajando con re.green para usar especies nativas, mejorar la biodiversidad, monitorear la salud ecológica y apoyar a las comunidades locales (véase el recuadro 4).

En Panamá, Microsoft recientemente se asoció con Rubicon Carbon y Carbon Streaming Corporation para financiar un proyecto de restauración forestal de 11 000 hectáreas diseñado por la compañía de restauración ecológica [Ponterra](#). Este proyecto restaurará un bosque tropical único mediante la plantación de más de 6 millones de árboles de más de 75 especies nativas en un área anteriormente boscosa degradada por décadas de ganadería. El equipo eligió trabajar con Ponterra en parte debido a su misión integral de restaurar la biodiversidad y elevar a las comunidades locales mediante el diseño y la operación de proyectos de restauración de la naturaleza de alta integridad. Ponterra emplea ecologistas, naturalistas y otros científicos para diseñar proyectos de restauración que apoyen la

recuperación de una rica biodiversidad. El equipo de naturalistas y científicos de datos de Ponterra mide la población de plantas y animales aún vivos al comienzo del proyecto, y luego rastrea con el tiempo el regreso al área del proyecto de plantas, aves, murciélagos y otros mamíferos, así como insectos y otros invertebrados.

Al proporcionar financiamiento anticipado junto con un compromiso de compra a largo plazo, Microsoft también está apoyando la entrada de empresas más pequeñas en este mercado naciente basado en la naturaleza a través de acuerdos de compra. La compra implica que una empresa compre un gran porcentaje de los créditos de carbono disponibles, reduciendo el precio y el riesgo de flujo de efectivo para los inversores más pequeños. Estos esfuerzos abordan dos limitaciones clave en el mercado de carbono actual: la limitada disponibilidad de créditos de carbono de alta calidad y alta durabilidad, y de capital de mercado.^{74,75} Por lo tanto, tanto en Brasil como en Panamá, Microsoft busca hacer más que eliminar su propio dióxido de carbono de la atmósfera, está apoyando un modelo de negocio emergente que puede ayudar a incentivar la restauración integral de la naturaleza.

En estos proyectos, así como en otros en todo el mundo, las asociaciones de Microsoft con científicos, comunidades locales, ONG y gobiernos son fundamentales para garantizar que los proyectos de restauración apoyen el desarrollo de ecosistemas saludables y comunidades locales.

Recuadro 4: Invertir de forma integral para restaurar las selvas tropicales

Microsoft reconoce la importancia de invertir en ecosistemas saludables para lograr sus objetivos de eliminación de dióxido de carbono.⁷⁶ Esta es la razón por la cual el equipo de eliminación de dióxido de carbono de Microsoft se ha asociado con re.green en Brasil para replantar más de 16 000 hectáreas de pastizales para ganado que se talaron y quemaron en la Mata Atlántica. re.green aporta una visión integral para restaurar esta selva tropical mediante la regeneración de los suelos carentes de nutrientes de los pastizales desnudos, replantándolos con especies nativas de árboles de la selva tropical y, en el proceso, creando parches de hábitat colonizados por la vida silvestre de bosques intactos. La restauración de la Mata Atlántica patrocinada por Microsoft con re.green absorberá y almacenará el equivalente a más de 3 millones de toneladas de dióxido de carbono solo durante sus primeros 15 años.⁷⁷

Las evaluaciones basadas en la ciencia de las soluciones basadas en la naturaleza son fundamentales para saber cuándo y dónde se deben realizar las inversiones.⁷⁸ Con ese fin, re.green está evaluando las implicaciones de la composición de sus especies de árboles para la resiliencia,

la biodiversidad, el almacenamiento de carbono y las comunidades locales. Los ecologistas de re.green reconocen que una comunidad de árboles más diversa puede almacenar más carbono y es más resistente a las perturbaciones, como sequías e incendios, que se están intensificando por el cambio climático.^{52,79} Estos proyectos también pueden incorporar árboles que están en peligro crítico y árboles que suministran a las comunidades productos forestales sostenibles, como las nueces de Brasil. De esta manera, la restauración aumenta la biodiversidad y genera un flujo de ingresos para las comunidades locales cuya aceptación es fundamental para el éxito del proyecto.



Parcela de restauración re.green adyacente a la Mata Atlántica intacta de Brasil. (© Miguel Moraes/re.green)

Invertir en condiciones propicias

Para que la inversión corporativa cumpla su papel crucial en la protección y restauración de la naturaleza, las condiciones deben cambiar para que las inversiones sean más fáciles, menos costosas de realizar y maximicen el impacto. Microsoft está trabajando para ayudar a crear estas condiciones propicias mediante el desarrollo conjunto y la mejora del acceso a herramientas con IA para mejorar la medición, avanzar en la ciencia para respaldar políticas y estándares basados en la evidencia, y crear mercados para soluciones basadas en la naturaleza de alta integridad.

Desarrollo conjunto de soluciones con IA

La IA y las tecnologías avanzadas de observación de la Tierra se están convirtiendo en herramientas vitales para medir, comprender y proteger la naturaleza. Pueden ayudar a evaluar la salud de los ecosistemas mediante la integración de diversos datos sobre especies, biomasa, productividad y conectividad del hábitat a través del espacio y el tiempo. Al procesar grandes cantidades de datos de diversas fuentes, como sonidos, imágenes, texto y sensores, las tecnologías de IA pueden permitir un análisis ecológico más rápido, económico y preciso a escala local y global.

Microsoft se asocia con organizaciones del sector público y privado para aplicar IA y observaciones avanzadas de la Tierra para medir y comprender la complejidad de la naturaleza a una escala y velocidad que era imposible incluso hace solo unos años. Por ejemplo, Microsoft se está asociando con empresas como [BeeOdiversity](#) para utilizar la IA y las abejas para monitorear la biodiversidad. BeeOdiversity utiliza la IA para analizar el polen recolectado por las abejas, proporcionando información sobre la salud de los ecosistemas y los cambios en la biodiversidad. Este enfoque ayuda a identificar factores medioambientales, como especies invasoras, metales

pesados y pesticidas, lo que permite acciones específicas para mejorar la salud de los ecosistemas.

El laboratorio AI for Good de Microsoft se ha asociado con científicos para construir nuevas cámaras trampa con IA y tecnologías bioacústicas que permiten el análisis de sonidos e imágenes del mundo natural, proporcionando información única sobre el estado de la biodiversidad y la salud de los ecosistemas.

A medida que estas tecnologías avanzan, el equipo de AI for Good está trabajando para hacerlas accesibles para los profesionales de la monitorización de ecosistemas. Por ejemplo, si bien los métodos automatizados de aprendizaje profundo para el monitoreo de la vida silvestre son cada vez más comunes, siguen siendo complejos y requieren conocimientos especializados. Para superar esto, Microsoft desarrolló Pytorch-Wildlife, una herramienta de IA fácil de usar para la detección y clasificación de animales en imágenes y videos.⁸⁰ Microsoft se ha asociado con la Universidad de los Andes en Colombia para capacitar y desplegar este y otros modelos para el reconocimiento de especies en la selva amazónica, y con la Agencia de Regulación y Control para la Bioseguridad y Cuarentena de las Islas Galápagos para detectar zarigüeyas invasoras en las Islas Galápagos. El equipo planea expandir sus capacidades para abordar una gama más amplia de desafíos medioambientales. El equipo de AI for Good también está trabajando con socios para aplicar estas tecnologías avanzadas para el monitoreo y la evaluación de los ecosistemas (consulte el recuadro 5).

Recuadro 5: IA para evaluación, monitoreo y protección de ecosistemas

El equipo de AI for Good de Microsoft se ha asociado con la Universidad de los Andes, el Instituto Sinchi, el Instituto Alexander von Humboldt de Colombia, el IDEAM y Planet Labs para evaluar y monitorear la biodiversidad y el cambio en los ecosistemas en la Amazonía.⁸¹ Este esfuerzo, Proyecto Guacamaya, asigna un conjunto de algoritmos con el procesamiento de grandes cantidades de datos multimodales recopilados continuamente por cámaras trampa automatizadas, receptores bioacústicos y satélites. Anteriormente, un puñado de expertos revisó minuciosamente años de imágenes y grabaciones de sonido acumuladas para identificar especies. En cambio, los algoritmos ahora comparan rápida y eficientemente las observaciones históricas y actuales a medida que se realizan en bases de datos en la nube con una validación manual mínima, identificando especies nativas, no nativas e, incluso, especies completamente desconocidas. Los algoritmos utilizados para la cámara trampa ([Pytorch Wildlife](#)) y los datos bioacústicos ([Microsoft / CLAP](#)) están disponibles públicamente y, hasta ahora, decenas de miles de usuarios los han descargado.⁸⁰

Las perturbaciones del ecosistema, como incendios forestales, carreteras no autorizadas, deforestación ilegal y minería ilegal también están siendo evaluadas y monitoreadas por los algoritmos del Proyecto Guacamaya. El uso de la IA para evaluar y monitorear rápidamente la biodiversidad y el cambio en los ecosistemas está permitiendo a las autoridades colombianas, organizaciones científicas y otras partes interesadas proteger mejor la selva tropical más grande del mundo de la invasión humana y monitorear los impactos climáticos.



Imagen de cámara trampa de la selva amazónica.
(© Proyecto Guacamaya/Microsoft)

A medida que la medición de la biodiversidad se generaliza en los informes de sostenibilidad, Microsoft está colaborando con socios para guiar el uso de la IA y tecnologías avanzadas para cumplir con los requisitos de informes. Por ejemplo, Microsoft ha trabajado con Planet Labs, el Proyecto de Capital Natural, el Instituto Gund para el Medioambiente y otros para desarrollar un libro blanco, [Aceleración de la generación de informes sobre biodiversidad y ecosistemas](#), que describe cómo las observaciones de IA y la Tierra pueden ayudar a las empresas a cumplir de manera eficiente con las regulaciones emergentes, como la CSRD de la UE y el Grupo de Trabajo para Divulgaciones Financieras relacionadas con la Naturaleza (TNFD).

Otra área en la que la IA está proporcionando información valiosa es en la comprensión de las compensaciones y la identificación de sinergias entre la restauración y las inversiones basadas en la naturaleza. Esto es particularmente relevante en el contexto de los ambiciosos objetivos 30x30 del Marco Mundial de Biodiversidad, que apuntan a restaurar el 30 % de los ecosistemas degradados y proteger el 30 % de la tierra y los océanos del mundo para 2030. A medida que países como Canadá trabajan hacia estos objetivos, determinar qué áreas priorizar para la protección y restauración requiere una cuidadosa consideración tanto de la conservación de la biodiversidad como de la provisión de servicios ecosistémicos.

Para ayudar a informar estas complejas decisiones, los investigadores de Sostenibilidad en la era digital de la Universidad de Concordia, en colaboración con Microsoft, han utilizado la IA para evaluar las compensaciones e identificar sinergias de escenarios alternativos de protección y restauración (véase el recuadro 6).

Recuadro 6: Usar la IA para identificar y cuantificar las compensaciones de las soluciones basadas en la naturaleza

En línea con el Marco Mundial para la Diversidad Biológica, Canadá tiene como objetivo restaurar el 30 % de los ecosistemas degradados y proteger el 30 % de su tierra para 2030. Una pregunta crítica es: ¿cuál es el 30 % de los ecosistemas terrestres? Una colaboración entre Sostenibilidad en la era digital de la Universidad de Concordia y Microsoft está utilizando la IA para evaluar estas compensaciones e identificar sinergias entre la protección de la biodiversidad, la integridad ecológica, el almacenamiento de carbono y el agua. El análisis sugiere que maximizar la protección de la biodiversidad amenazada y el carbono irrecuperable en los bosques da como resultado un camino integral para mejorar la biodiversidad, la mitigación del cambio climático y los resultados del agua. La restauración en tierras agrícolas, centrada en la restauración de la integridad y la mejora de la gestión del agua, también muestra beneficios potencialmente significativos para la biodiversidad. Este enfoque impulsado por la IA puede ayudar a guiar la toma de decisiones para vías rentables y sinérgicas para alcanzar los objetivos de biodiversidad, emisiones y agua. La alineación efectiva de estas prioridades de SbN requerirá una coordinación en diferentes niveles gubernamentales, incluidos los gobiernos indígenas, e integrar inversiones de los sectores público y privado.

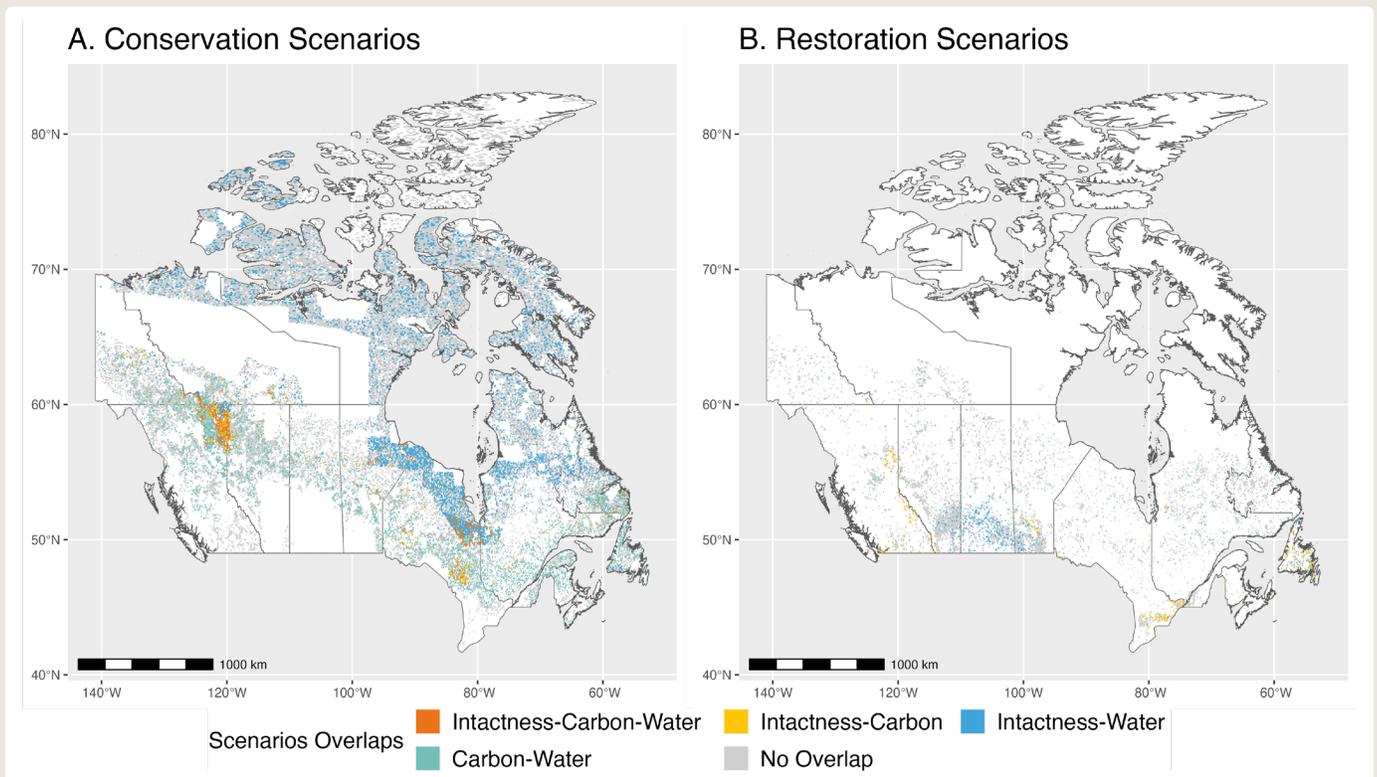


Figura 4: La distribución espacial de los escenarios prioritarios de conservación y restauración se superpone para alinear los objetivos 30×30 con los beneficios colaterales en Canadá.⁸²

Avance de la ciencia

Si bien hoy se puede hacer mucho para mejorar la salud de los ecosistemas, quedan muchas preguntas científicas abiertas, particularmente sobre cómo detectar, atribuir y dar cuenta de los cambios ecológicos y evaluar las compensaciones. El avance de la ciencia en apoyo de soluciones prácticas a menudo requiere la colaboración entre disciplinas y sectores. Microsoft trabaja con una amplia gama de científicos medioambientales y sociales, ingenieros y profesionales de políticas de sostenibilidad para ayudar a desarrollar y proporcionar información para soluciones basadas en la ciencia. Los siguientes son un par de ejemplos.

Contabilidad y presentación de informes.

Los estándares para la contabilidad corporativa de gases de efecto invernadero han evolucionado a lo largo de décadas, volviéndose más rigurosos a medida que la contabilidad del carbono se vuelve dominante y obligatoria. A pesar de este progreso, quedan muchas preguntas basadas en la ciencia. Microsoft colabora con científicos globales para avanzar en la ciencia que hay detrás de la contabilidad del carbono. Por ejemplo, Microsoft se asoció con el Instituto Woods para el Medioambiente de la Universidad de Stanford para convocar a un equipo internacional de científicos y profesionales para describir las oportunidades y desafíos de desarrollar una contabilidad confiable y global de gases de efecto invernadero.⁸³

Una pregunta crítica en la contabilidad del carbono es el valor climático del carbono almacenado temporalmente en la naturaleza. A diferencia de las soluciones tecnológicas como la captura y almacenamiento directo de aire (DACs), algunos créditos de carbono basados en la naturaleza son menos duraderos, ya que el carbono almacenado puede ser liberado por perturbaciones como incendios forestales. Este riesgo de reversión ha llevado a algunos a cuestionar el valor de estos créditos, lo que podría desalentar la inversión.

Científicos de Microsoft se asociaron con investigadores de las universidades Concordia y Simon Fraser para modelar el valor climático del almacenamiento de carbono basado en la naturaleza de baja durabilidad. Sus modelos climáticos demostraron que incluso el almacenamiento temporal puede ayudar a reducir el calentamiento máximo si se combina con una descarbonización profunda.⁷⁵ También propusieron un método para integrar el almacenamiento temporal de carbono basado en la naturaleza en estrategias climáticas efectivas.⁸⁴

Seguimiento y evaluación. El laboratorio AI for Good de Microsoft colabora con gobiernos y universidades para ayudar a desarrollar una mejor comprensión de la distribución y el movimiento de las especies mediante la observación y el análisis avanzados de la Tierra. Por ejemplo, se ha asociado con la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA) para utilizar [herramientas basadas en IA para acelerar los estudios sobre biodiversidad](#) y ha desarrollado algoritmos para analizar datos bioacústicos,^{85,86,87} ayudando en la detección de ballenas beluga de Cook Inlet en peligro de extinción.⁸⁸ El equipo también ha colaborado con investigadores de todo el mundo para mejorar la comprensión del comportamiento animal, como las estructuras sociales de las jirafas en la sabana africana.⁸⁹ Este conocimiento es vital para conservar especies en peligro de extinción, como la beluga, y especies clave, como las jirafas, que pueden proporcionar señales de cambios más amplios en los ecosistemas.⁹⁰

Si bien el seguimiento de especies está mejorando, comprender la pérdida de biodiversidad a escala global sigue siendo un desafío debido a la coordinación y la integración de datos limitadas. El monitoreo de la biodiversidad a escala mundial es crucial para la conservación. Para ayudar a abordar esto, Microsoft ha colaborado con un equipo

internacional dirigido por investigadores de la Universidad McGill y GEO BON para delinear las necesidades de un sistema global de observación de la biodiversidad ([GBIOS](#)). El sistema propuesto tiene como objetivo estandarizar y coordinar los esfuerzos de monitoreo en todo el mundo, guiando acciones y políticas de conservación efectivas.⁹¹

Mercados de construcción

La construcción de mercados sólidos basados en la naturaleza que se centren explícitamente en la protección y restauración de la salud de los ecosistemas (y otros beneficios socioeconómicos colaterales) será crucial para aumentar la escala y la eficacia de las inversiones corporativas para un mundo natural próspero. Los mercados basados en la naturaleza se encuentran en varias etapas de desarrollo. El mercado de carbono es el más grande para los inversores corporativos, la reposición de agua basada en la naturaleza todavía está emergiendo, y los mercados de biodiversidad están empezando a aparecer. La mayoría de los mercados basados en la naturaleza en los que los inversores corporativos compran créditos de sostenibilidad no consideran explícitamente la salud de los ecosistemas como un factor en la calidad de un crédito.

El Fondo para la Innovación Climática (CIF) de Microsoft está ayudando a construir un mercado sólido para soluciones basadas en la naturaleza que mejoran la salud ecológica mediante la inversión en empresas centradas en la medición, presentación de informes y verificación de ecosistemas (véase el recuadro 7).

El CIF colabora con los equipos de Microsoft para comprender los factores que limitan los mercados de eliminación de carbono y reposición de agua y se centra en las empresas que trabajan para eliminar esas restricciones. Por ejemplo, el equipo de CDR de Microsoft reconoce el valor de invertir en la salud del suelo para absorber carbono, salvaguardar los medios de vida y proporcionar nutrientes esenciales.

Pero cuantificar las mejoras en la salud del suelo es difícil y costoso.

Para ayudar a abordar estos desafíos, el CIF invirtió en empresas como [Yard Stick](#) PBC, que combina las mediciones en el suelo con el aprendizaje automático para cuantificar el carbono orgánico del suelo como una métrica clave de la salud del suelo de manera más precisa y asequible que los métodos tradicionales (consulte el recuadro 8). Esto reduce los costos para los desarrolladores de proyectos y proporciona a los clientes una mejor comprensión de la calidad crediticia. CIF también invierte en empresas como [Vibrant Planet](#) PBC, que proporciona servicios con IA para evaluar las condiciones de la tierra, mitigar el riesgo y mejorar la prestación de servicios ecosistémicos. El equipo de CDR continúa trabajando con proyectos líderes de suelo para mejorar el rigor de medición.

Microsoft también se centra en la creación de demanda de créditos basados en la naturaleza que priorizan la salud de los ecosistemas. Como miembro fundador de [Symbiosis Coalition](#), Microsoft está trabajando con Google, Meta y Salesforce para escalar soluciones climáticas basadas en la naturaleza que se alinean con sus propios criterios para CDR de alta calidad al priorizar cinco atributos clave: integridad ecológica, beneficios comunitarios, durabilidad, contabilidad conservadora y transparencia, al tiempo que utiliza la demanda colectiva de los miembros para reducir los costos de transacción y aprender cómo realizar una diligencia efectiva. La Coalición también busca integrar nuevas tecnologías e investigaciones para medir mejor los resultados, comprometerse equitativamente con los pueblos indígenas y las comunidades locales, y equilibrar los beneficios de la absorción de carbono con otros beneficios colaterales medioambientales.

Finalmente, Microsoft está utilizando su voz para apoyar políticas y estándares para establecer las estructuras institucionales necesarias para inversiones efectivas basadas en la naturaleza. Por ejemplo, Microsoft participó en la Estrategia de Biodiversidad de la UE para 2030 en Europa, abogó por políticas como la Great American Outdoors Act y brindó apoyo a los protocolos del Estado de Washington sobre la eliminación de carbono de alta calidad basada en la naturaleza.

Recuadro 7: Creación de mercados basados en la naturaleza: agricultura regenerativa

Microsoft está catalizando fondos y experiencia técnica para superar las barreras a la agricultura positiva para la naturaleza con Farmland LP, un fondo de inversión que ha convertido más de 2400 hectáreas de tierras agrícolas convencionales en tierras de cultivo orgánicas. La conversión de tierras agrícolas convencionales en tierras de cultivo orgánicas puede ser una acción importante positiva para la naturaleza que construye la salud de los ecosistemas al aumentar la biodiversidad, la conectividad del paisaje y la resiliencia, y mejorar los servicios ecosistémicos. Las prácticas agrícolas regenerativas, como los cultivos de cobertura, la rotación de cultivos, la plantación de setos y hileras de árboles, y el pastoreo de ganado, aumentan la biodiversidad del suelo, los polinizadores y las plantas. El paisaje resultante de diversos setos, árboles y policultivos orgánicos crea un mosaico de hábitats conectados y corredores de migración de vida silvestre.⁹² Diferentes partes de este paisaje son resistentes a diferentes perturbaciones como plagas, sequías e inundaciones. Este ecosistema puede proporcionar múltiples servicios, como la recarga de acuíferos,⁹³ el ciclo efectivo de nutrientes,⁹⁴ e incluso la absorción y almacenamiento de carbono,⁹⁵ además de productos orgánicos.

Farmland LP toma inversiones de compañías como Microsoft para adquirir tierras agrícolas convencionales, que luego se convierten en tierras

agrícolas orgánicas utilizando su experiencia técnica y prácticas agrícolas regenerativas. Las propiedades las administra un equipo interno de gestión agrícola de 55 personas para garantizar la sostenibilidad y la productividad a largo plazo. Junto con el USDA, el Instituto Delta y Earth Economics, Farmland LP ha valorado los servicios ecosistémicos proporcionados por sus tierras agrícolas orgánicas convertidas en 21,4 millones de dólares durante cinco años. Esto representa una ganancia de servicios ecosistémicos del 7,3 % y una ganancia económica neta del 10,5 % para los inversores anualmente. Por lo tanto, el “doble resultado final” de la agricultura orgánica escalado por Farmland LP y Microsoft puede mejorar las compensaciones históricas entre la productividad de las tierras agrícolas y la integridad del ecosistema.



El equipo interno de gestión agrícola de Farmland LP utiliza arándanos como cultivo de cobertura. (@Getty Images)

Recuadro 8: Mejorar la medición, el informe y la verificación: carbono orgánico del suelo

Las mediciones precisas y comparables del carbono orgánico del suelo son una métrica crítica y el primer paso para comprender la eficacia de algunas soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración forestal, la restauración de humedales y la agricultura regenerativa.⁹⁶ Los protocolos actuales para cuantificar el carbono orgánico del suelo son variados y cada uno se basa en procesos complicados y manuales de recolección del suelo y largos análisis de laboratorio, todos con sus propios sesgos e incertidumbres.⁹⁷ Además, la mayoría se han desarrollado para tierras de cultivo templadas del norte que no son ampliamente representativas de los ecosistemas a nivel mundial. Existe la necesidad de un enfoque estandarizado y más eficiente para la cuantificación del carbono orgánico del suelo. Microsoft ha invertido en Yard Stick PBC para hacer precisamente eso.

Yard Stick PBC ofrece mediciones digitales de carbono orgánico del suelo de alta calidad con un sensor compacto e innovador basado en el campo. Este sensor utiliza una cámara de espectroscopia equipada con una lente de zafiro para medir cómo el carbono orgánico refleja la luz en los suelos, correlaciona esta reflectancia con la concentración y luego almacena estos datos geolocalizados en la nube. El enfoque de Yard Stick es un [90 % menos costoso](#) que los métodos de laboratorio tradicionales y hasta ahora se ha escalado con éxito a tierras de

cultivo y pastizales, dos ecosistemas globalmente extensos y de vital importancia. La escala de esta tecnología permitirá a los usuarios recopilar datos de carbono orgánico del suelo, establecer líneas de base y rastrear el progreso de las soluciones basadas en la naturaleza a una velocidad, escala e interoperabilidad nunca antes posibles.



Carbono orgánico del suelo que se mide en el campo con el innovador sensor de Yard Stick. (© Yard Stick PBC)

Lecciones para el futuro



En los próximos años, es probable que las inversiones corporativas en la naturaleza desempeñen un papel cada vez más importante en el logro de los objetivos de sostenibilidad global. Para maximizar el impacto positivo de sostenibilidad de estas inversiones y evitar posibles efectos perjudiciales, varios aspectos clave de los mercados basados en la naturaleza y las estructuras de inversión corporativa deben evolucionar. Basándonos en la experiencia práctica de Microsoft como inversor corporativo y en los últimos conocimientos de la ciencia, compartimos lecciones para el futuro sobre lo que se necesita para permitir y apoyar a las empresas a maximizar los impactos de sostenibilidad de sus inversiones en la naturaleza.

Lección 1: Crear incentivos para invertir en la salud de los ecosistemas

Las empresas necesitan incentivos más sólidos para priorizar los ecosistemas saludables en sus inversiones en la naturaleza para la sostenibilidad.

Se debe dar prioridad a las inversiones en sostenibilidad que mantienen ecosistemas saludables o mejoran la salud de los ecosistemas degradados, y deben evitarse aquellas que invierten en ecosistemas no saludables o los dejan en peor situación. Sin embargo, la salud de los ecosistemas rara vez se considera explícitamente cuando las empresas compran unidades de beneficios basados en la naturaleza, ya sean créditos por una tonelada de carbono o un volumen de reposición de agua. El sistema de contabilidad actual es binario: una unidad de crédito tiene valor total o nada en

absoluto, lo que significa que los créditos se tratan como mercancías intercambiables. Este sistema incentiva a algunas empresas a elegir los créditos más baratos, independientemente del estado de los ecosistemas y los resultados reales, y crea una carrera hacia el abismo, ya que pueden recompensar proyectos que socavan la salud de los ecosistemas.^{98,99}

Para cambiar esta dinámica, se necesitan incentivos más sólidos. Los riesgos reputacionales, los riesgos físicos y los mecanismos de los mercados emergentes están empezando a alentar a las empresas a describir más plenamente el impacto en la sostenibilidad de las diferentes inversiones basadas en la naturaleza. Los estándares se utilizan cada vez más para describir los beneficios sociales y otros beneficios colaterales medioambientales de los créditos de carbono.^{100,101}

Se están desarrollando marcos para acreditar múltiples beneficios de SbN mediante el "apilamiento" o la "agrupación" de créditos.^{64,102,103} El apilamiento implica ofrecer múltiples créditos del mismo ecosistema que reflejan diferentes servicios (por ejemplo, créditos de eliminación de carbono y reposición de agua de un humedal), mientras que la agrupación implica ofrecer un solo crédito que agrega todos los servicios del ecosistema.¹⁰⁴ También se han propuesto unidades de restauración como un medio para evaluar más ampliamente el valor de los créditos de carbono basados en la naturaleza.¹⁰⁵

Por lo general, los créditos de carbono que se agrupan con la biodiversidad y los créditos comunitarios se venden por una prima, que en 2023 fue 4 dólares por tonelada métrica de equivalentes de dióxido de carbono.¹⁰⁰ Mientras tanto, las agencias de calificación están comenzando a diferenciar la calidad de los créditos de carbono, incluidos otros beneficios colaterales medioambientales y sociales.¹⁰⁶

Otra opción propuesta es alejarse de un sistema de compensación que vincula directamente cada crédito que una empresa adquiere a una unidad de su huella residual (por ejemplo, una tonelada de carbono o un volumen de agua). Una alternativa a esto es un

modelo de contribución. En un modelo de contribución aplicado a la mitigación del clima, las empresas contribuyen a un conjunto de fondos que podrían apoyar la restauración de un ecosistema saludable con el objetivo de eliminar el dióxido de carbono de la atmósfera, en lugar de reclamar créditos directos de compensación o compensación de carbono.¹⁰⁷ Esto es similar a la banca de mitigación de la conservación, donde las empresas contribuyen a un conjunto de fondos que apoyan esfuerzos de conservación más amplios, como la protección o restauración de un humedal o cuenca hidrográfica. Los bancos de mitigación combinan conocimientos científicos, directrices del sector público y financiación del sector privado para llevar a cabo proyectos más grandes para proteger o restaurar la salud de los ecosistemas que los que son prácticos para los esfuerzos compensatorios individuales.¹⁰⁸ Por ejemplo, las empresas que tienen cierta responsabilidad por la degradación de los ríos en todo el noroeste del Pacífico de los Estados Unidos han contribuido con fondos a los esfuerzos de restauración de cuencas hidrográficas a gran escala que mitigan los contaminantes, restablecen los humedales, remodelan las riberas de los ríos y crean hábitat.^{109,110} Tanto los modelos de compensación como los de contribución pueden ser efectivos, pero cada uno depende de la integridad científica y ecológica subyacente de los proyectos que reciben inversión. Los compradores más pequeños u organizaciones que carecen de recursos técnicos o de adquisición para cuestionar la calidad de los proyectos basados en la naturaleza pueden optar por seguir un modelo de contribución para agrupar sus limitados recursos financieros.

A pesar de que están surgiendo nuevos marcos para créditos más integrales basados en la naturaleza, todavía no existe un estándar acordado para recompensar a las empresas por inversiones en sostenibilidad basadas en la naturaleza que documenten impactos positivos en la salud de los ecosistemas. Sin estándares para recompensar a las

empresas por la calidad crediticia basada en la salud de los ecosistemas, las empresas tendrán dificultades para justificar el esfuerzo y el financiamiento adicionales necesarios para considerar la calidad más amplia de sus inversiones.

Lección 2: Acordar estándares basados en la ciencia para los impactos de las inversiones en la salud de los ecosistemas

La sociedad civil y las empresas necesitan colaborar con los científicos para acordar estándares que permitan describir cómo las inversiones a través de mercados basados en la naturaleza afectan la salud de los ecosistemas.

No existe un estándar ampliamente aceptado para caracterizar la salud de los ecosistemas y se ha hecho poco para traducir la ciencia existente a fin de orientar las inversiones. Sin embargo, la salud de los ecosistemas puede determinar la calidad de los beneficios de sostenibilidad de las inversiones basadas en la naturaleza. Las inversiones que se apoyan en ecosistemas saludables tienen más probabilidades de generar los beneficios de sostenibilidad deseados, son menos vulnerables a pérdidas (es decir, son más duraderas) y a compensaciones (como la pérdida de otros beneficios) y pueden brindar beneficios más amplios para los ecosistemas y la sociedad. En los mercados de carbono y agua a menudo se asume que todas las unidades son equivalentes, que un crédito de carbono o una unidad de beneficio volumétrico del agua (VWB) son cantidades fungibles. Pero no lo son. Dependiendo de su diseño, ubicación e implementación, las inversiones basadas en la naturaleza pueden diferir enormemente en la medida en que ofrecen los resultados deseados,¹¹¹ su durabilidad^{41,112} y si socavan u ofrecen beneficios socioeconómicos y para los ecosistemas adicionales.¹¹³

Aunque existe una extensa literatura científica sobre la salud de los ecosistemas, no existe una definición^{90,91} universalmente aceptada ni un estándar para comprender cómo las inversiones afectan la salud de los ecosistemas. Sin embargo, se han desarrollado directrices para ayudar a los profesionales a evaluar las características de la salud de los ecosistemas, como el Índice de Integridad de los Ecosistemas,¹¹⁴ la Lista Roja de Ecosistemas de la UICN y el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica de las Naciones Unidas. Las características comunes consideradas al evaluar la salud de los ecosistemas incluyen resiliencia, conectividad, funcionamiento de los procesos ecológicos y composición de especies.

Para las soluciones basadas en la naturaleza, la UICN desarrolló un estándar global, que incluye la salud de los ecosistemas como un criterio clave para el éxito.⁶ Además, el PNUMA-WCMC, la Coalición de Capitales y los socios han desarrollado una guía para ayudar a las empresas a evaluar la salud o el estado de los ecosistemas en diferentes contextos de toma de decisiones y documentar consistentemente los impactos en el estado de los ecosistemas.¹¹⁵

Estos avances y herramientas aún no se han integrado suficientemente en los mercados de soluciones corporativas basadas en la naturaleza. Es probable que las empresas tarden en integrar la salud de los ecosistemas en su adquisición de créditos de sostenibilidad hasta que se adopten estándares ampliamente aceptados.

Lección 3: Hacer accesible la ciencia y desarrollar capacidades para usarla

La mejor ciencia disponible debe ser accesible y utilizable para guiar las inversiones corporativas en la naturaleza y evaluar de manera confiable los impactos en la salud y sostenibilidad de los ecosistemas.

Si bien existe una amplia ciencia para guiar la restauración de la salud de los ecosistemas,^{111,117,118} no es fácilmente accesible para los inversores en sostenibilidad corporativa. Se necesitan nuevas herramientas e iniciativas para proporcionar a las empresas acceso a la mejor orientación basada en la ciencia sobre dónde y cómo invertir en la naturaleza para obtener los máximos beneficios de sostenibilidad. Además, se necesitan herramientas para evaluar las compensaciones, como cuando los proyectos de eliminación de carbono conducen a consecuencias perjudiciales no deseadas para el agua y la biodiversidad. Otra compensación ocurre cuando se planea la restauración de árboles nativos para áreas donde el suelo es brillante o a menudo cubierto de nieve. En estas áreas, aunque plantar bosques oscuros puede contribuir a la biodiversidad, también puede conducir a un aumento neto en el calentamiento del planeta al reducir el albedo y absorber el calor.¹¹⁹

El desarrollo de capacidades también es necesario para los desarrolladores de proyectos, compradores y auditores involucrados en mercados corporativos basados en la naturaleza. Para que las inversiones en la salud de los ecosistemas sean exitosas, estos actores deben recorrer un proceso de diligencia debida, que lleva mucho tiempo, y contar con experiencia en la ecología local y las necesidades de la comunidad. Los mercados de carbono ya enfrentan una escasez de auditores y administradores de datos calificados,¹²⁰ y esta brecha probablemente se ampliará a medida que los criterios de SbN se expandan para incluir medidas más amplias de salud de los ecosistemas. Las universidades pueden ayudar a cerrar esta brecha de experiencia ofreciendo programas, títulos y certificados en pensamiento sistémico, contabilidad de la naturaleza y el carbono, y ciencias sociales y medioambientales, como el programa de [Licenciatura en Administración de la Tierra Indígena](#) en la Universidad de Columbia Británica.

Lección 4: Aceptar las compensaciones como inevitables y tratar de minimizarlas

No se pueden maximizar todos los beneficios ecológicos y sociales a la vez, pero la planificación estratégica puede reducir los impactos negativos y optimizar los resultados positivos de sostenibilidad.

Mientras que algunas inversiones en ecosistemas saludables pueden devolver múltiples beneficios de sostenibilidad, otras crean regularmente compensaciones.^{121,122,123,124} La ciencia indica que los ecosistemas saludables proporcionan los beneficios medioambientales más robustos a largo plazo; sin embargo, debido a que no existe una métrica única que defina la salud de los ecosistemas, una gama de condiciones ecológicas podría calificar como saludables, y estas podrían variar entre los diferentes tipos de ecosistemas. En consecuencia, una empresa que aborda sus inversiones en la naturaleza a través de la lente de mejorar la salud de los ecosistemas mientras persigue un beneficio de sostenibilidad específico (como el carbono, el agua o la biodiversidad) probablemente enfrentará compensaciones. Por ejemplo, los proyectos que priorizan la absorción de carbono podrían producir menores beneficios para la biodiversidad que aquellos que buscan explícitamente maximizar la biodiversidad, sin embargo, ambos sistemas podrían describirse como saludables bajo diferentes definiciones.

Las compensaciones también surgen en la selección de especies. Específicamente, las plantas con tasas de crecimiento rápido son generalmente menos tolerantes al estrés.^{125,126,127} La implicación es que centrarse en especies de rápido crecimiento puede reducir la resiliencia general del bosque. Esto puede generar tensiones entre el logro de los objetivos de resiliencia de los ecosistemas a largo plazo y

la satisfacción de las necesidades económicas inmediatas de la comunidad. Por ejemplo, mientras que las especies nativas son típicamente preferidas por sus beneficios ecológicos, las especies no nativas de rápido crecimiento pueden ofrecer un importante valor económico y de captura de carbono a corto plazo. La investigación sugiere que los sistemas bien diseñados que combinan bosques nativos con plantaciones de especies no nativas pueden, en algunos casos, proporcionar beneficios tanto ecológicos como comunitarios.^{128,129} El equilibrio efectivo de múltiples prioridades requiere evaluar las compensaciones e identificar formas de optimizar los beneficios, así como implementar un monitoreo a largo plazo para garantizar que se cumplan los objetivos y se eviten las consecuencias imprevistas.¹⁵

Lección 5: Innovar para eliminar los riesgos de la inversión

Se necesitan estrategias integrales para reducir los riesgos para las inversiones basadas en la naturaleza.

Los sistemas naturales son inherentemente variables, y en muchos casos, las acciones humanas están aumentando esa variabilidad. Las perturbaciones causadas por el clima, las plagas, las enfermedades y las actividades humanas pueden socavar la capacidad de los ecosistemas para proporcionar los servicios o bienes de los que dependen las personas. Las evaluaciones de riesgos de las inversiones corporativas basadas en la naturaleza están actualmente en sus inicios y generalmente no se basan en ciencia rigurosa, especialmente en el caso de los créditos de carbono. Las inversiones que priorizan la salud ecológica tienden a ser más resistentes a las perturbaciones que las que se centran estrechamente en resultados únicos.¹³⁰ Sin embargo, estos beneficios de resiliencia rara vez se capturan en las evaluaciones de riesgo.

Existe una amplia gama de programas de seguros y apoyo público para proteger a las personas y la infraestructura pública de los peligros naturales y proporcionar recursos para la reconstrucción cuando ocurren pérdidas. Están surgiendo planes de seguro similares para SbN. Por ejemplo, en México¹³¹ y Hawai,¹³² se han creado nuevos productos de seguros para reducir el riesgo de las inversiones en los ecosistemas de arrecifes de coral. Después de que el huracán Delta dañara la Barrera de Coral Mesoamericana de México en 2020, una póliza pagó 800 000 dólares para acelerar la restauración y recuperación de los arrecifes, crucial para las empresas costeras y las áreas circundantes que dependen de ellos.¹³³

Los seguros son solo una herramienta para reducir el riesgo de las inversiones basadas en la naturaleza. Hay otras que están surgiendo. Por ejemplo, las inversiones en almacenamiento de carbono basadas en la naturaleza enfrentan riesgos de incendios, tala, sequías y plagas, que pueden causar la liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Para mitigar estos riesgos, muchas inversiones incluyen un “fondo de reserva” que proporciona una reserva de respaldo de almacenamiento de carbono. Sin embargo, los fondos de reserva a menudo son demasiado pequeños para los riesgos climáticos y de perturbaciones que enfrentan¹³⁰ y rara vez se basan en evaluaciones sistemáticas de riesgos revisadas por pares que consideran los impactos del cambio climático. Un desafío importante para determinar un tamaño adecuado de fondo de reserva es evaluar el riesgo medioambiental (por ejemplo, incendios forestales, aumento del nivel del mar, sequía, plagas y patógenos) durante los plazos de 40 a 100 años requeridos para los beneficios climáticos.^{63,134} Se necesita urgentemente actualizar los métodos de los grupos intermedios con datos científicos rigurosos, coherentes y de código abierto.

Lección 6: Expandir el financiamiento combinado

Se necesitan mecanismos innovadores de financiamiento combinado para gestionar los elevados costos anticipados y mejorar los rendimientos a largo plazo.

Las inversiones sostenibles en la naturaleza que priorizan la salud de los ecosistemas a menudo requieren un mayor compromiso financiero que los proyectos más específicos que se centran en un solo objetivo. También requieren “capital paciente”: inversiones a largo plazo con rendimientos durante períodos prolongados. Para atraer suficiente capital para escalar el sector SbN, estas inversiones y los acuerdos de compra que las sustentan deben asemejarse a proyectos de infraestructura, como energía renovable, sistemas de transporte y edificios públicos, que también se financian comúnmente a través de modelos de financiamiento combinado.

Las estrategias de financiamiento combinado, que combinan fondos públicos, privados y filantrópicos, se utilizan cada vez más para financiar proyectos y mercados de SbN.^{102,135,136,137} Estas estrategias pueden aumentar el capital total diversificando la base de inversores, incluso atrayendo a inversores de menor riesgo al hacer que el capital de mayor riesgo absorba las incertidumbres en las primeras etapas. Este capital adicional es esencial para las iniciativas que priorizan la salud de los ecosistemas, que a menudo requieren inversiones más complejas y a más largo plazo.

Las asociaciones público-privadas pueden ampliar el financiamiento para las SbN basadas en la ciencia. Un ejemplo es la incubadora de SbN Resilient Landscapes Luxembourg, establecida por CIFOR-ICRAF en colaboración con el Gran Ducado de Luxemburgo a través de su programa [Paisajes resilientes](#). En esta asociación, el gobierno proporciona inversiones por adelantado para cerrar

la brecha de madurez entre las iniciativas de desarrollo financiadas por donaciones y las ampliaciones impulsadas por la inversión.

La incubadora desarrolla elementos esenciales para la bancabilidad, incluidos modelos de negocio, mitigación de riesgos y estrategias de financiamiento. Al capitalizar la experiencia multidisciplinaria de CIFOR-ICRAF, la incubadora madura una cartera de proyectos de SbN en acuerdos listos para la inversión, ofreciendo rendimientos financieros a los inversores centrados en el impacto al tiempo que garantiza beneficios sociales y medioambientales verificables y basados en la ciencia.

Los bonos verdes también pueden servir como una estrategia de financiamiento combinado. Al emitir bonos verdes, las organizaciones atraen a inversionistas que buscan tanto rendimientos financieros como impacto ambiental. Por ejemplo, un reciente bono del Banco Mundial recaudó 225 millones de dólares para la reforestación del Amazonas, financiando esfuerzos para restaurar los ecosistemas y mejorar la biodiversidad, y generando créditos de carbono para la venta.¹³⁸

Lección 7: Invertir más allá del capital

El capital es crucial para construir mercados basados en la naturaleza que promuevan la salud de los ecosistemas, pero los proyectos y las nuevas empresas también necesitan otros tipos de apoyo para tener éxito y escalar.

Para que los mercados basados en la naturaleza mejoren la salud de los ecosistemas, múltiples factores deben alinearse. Las empresas pueden ser socios poderosos más allá de sus inversiones iniciales. Por ejemplo, al colaborar con empresas de tecnología, los profesionales de proyectos basados en la naturaleza pueden acelerar la innovación, el aprendizaje y el desarrollo. La asociación en estrategias de comercialización y el intercambio

de conocimientos puede ayudar a las nuevas empresas a navegar por la entrada y expansión en el mercado, alineando sus productos con las necesidades del mercado. Por ejemplo, Microsoft publica sus criterios para la eliminación de carbono de alta calidad y las lecciones aprendidas para proyectos de carbono y agua,¹³⁹ lo que ayuda a facilitar el desarrollo del mercado de SbN de alta calidad.

Otro desafío en el que los inversores corporativos pueden ayudar es señalar la demanda de suministro de material de siembra de diversas especies nativas a través de su apoyo a largo plazo para la restauración del hábitat. Según la Evaluación Mundial de Árboles, aproximadamente el 30 % de las 60 000 especies de árboles conocidas están en peligro de extinción.¹⁴⁰ La inversión insuficiente y una cadena rota en los sistemas de semillas y plántulas de árboles dificultan la disponibilidad de material de siembra de calidad. Abordar estas limitaciones a través de asociaciones e inversiones en la naturaleza puede indicar la demanda de un suministro confiable de materiales de siembra de alta calidad, críticos para proyectos de restauración exitosos.

Lección 8: Usar la IA para lograr velocidad, escala y confiabilidad

Las tecnologías de IA pueden ayudar a las empresas a priorizar la salud de los ecosistemas en sus inversiones en sostenibilidad al permitir unas mediciones, un análisis de compensaciones y una gestión de riesgos más económicos y efectivos.

La medición, el informe y la verificación (MRV) confiables y rentables son esenciales para el éxito y la escalabilidad de las soluciones basadas en la naturaleza. Los métodos tradicionales de MRV para la salud de los ecosistemas y los créditos basados en la naturaleza a menudo son manuales y requieren muchos recursos. La IA ofrece herramientas

transformadoras para abordar estos desafíos. Al automatizar la recopilación y el análisis de grandes cantidades de datos de diversas fuentes, la IA puede reducir significativamente el tiempo y el costo del MRV. La IA puede integrar datos de sensores de suelo y agua, cámaras trampa, bioacústica y observaciones de la Tierra para identificar patrones y cambios en los estados de los ecosistemas, como la cubierta vegetal, las reservas de carbono y la biodiversidad, con mayor precisión.

Más allá de MRV, la IA puede revolucionar la toma de decisiones al proporcionar información sobre compensaciones complejas. Mediante el análisis de una amplia gama de conjuntos de datos, los modelos de IA pueden identificar posibles sinergias y conflictos entre diferentes servicios de los ecosistemas, lo que ayuda a las partes interesadas a tomar decisiones informadas. Por ejemplo, la IA puede ayudar a determinar la ubicación óptima para un proyecto de reforestación considerando factores como el potencial de captura de carbono, los beneficios para la biodiversidad, el albedo y otros impactos climáticos, y las necesidades de la comunidad local.

Los avances recientes en IA también están mejorando la administración de riesgos. La evaluación del riesgo para SbN debe tener como objetivo una alta resolución espacial y temporal alineada con las reclamaciones hechas por la empresa inversora. Las herramientas de código abierto, transparentes y de fácil acceso son fundamentales para la adopción generalizada de la IA para una mejor evaluación de riesgos.

La combinación de la IA con las tecnologías de observación de la Tierra ha mejorado la predicción de los riesgos relacionados con el clima en escalas de tiempo de semanas a meses.¹⁴¹ Los pronósticos climáticos a largo plazo también están mejorando, lo que podría respaldar evaluaciones de riesgos más sólidas a largo plazo (por ejemplo, 10–50 años).^{141,142,143} Se necesitan esfuerzos específicos

para combinar nuevas herramientas analíticas con modelos tradicionales basados en procesos para describir mejor el riesgo para SbN en función del tipo de riesgo, el tipo de ecosistema y la salud de los ecosistemas donde se implementan los proyectos de SbN.

Autores

Amy Luers, Ph.D.

Directora global sénior, Ciencia e Innovación de Sostenibilidad, Microsoft

Heather Tallis, Ph.D.

Miembro principal, Centro para la Resiliencia Climática Costera, Universidad de California en Santa Cruz

William Anderegg, Ph.D.

Profesor y director, Centro Wilkes para la Ciencia y la Política Climáticas de la Universidad of Utah

Erika Basham

Directora de Inversiones y Estrategia de Productos, Microsoft

Libby Blanchard, Ph.D.

Miembro postdoctoral, Centro Wilkes para la Ciencia y la Política Climáticas de la Universidad de Utah

Kaitlin Chuzi

Directora, Tecnología Integrada y Biomímesis, Microsoft

Paulina Concha-Larrauri

Gerente de programas, Positivos en Agua, Microsoft

Annie Guo

Gerente sénior de programas, Eliminación de Dióxido de Carbono, Microsoft

Allen Kim

Director de AI for Good, Microsoft

Damon Matthews, Ph.D.

Profesor y presidente de investigación, Ciencia del Clima y Sostenibilidad, Universidad de Concordia

Benjamin Miller, Ph.D.

Científico de sostenibilidad, Ciencia e Innovación para la Sostenibilidad, Microsoft

Camilo Alejo, Ph.D.

Miembro postdoctoral, Ciencia y Sostenibilidad del Clima, Universidad de Concordia

Eliza Roberts

Directora, Positivos en Agua, Microsoft

Katie Sierkes

Gerente de programas, Eliminación de Dióxido de Carbono, Microsoft

Eliane Ubalijoro, Ph.D.

Directora ejecutiva, CIFOR-ICRAF

Glosario

Las siguientes definiciones se derivan del glosario del [Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas](#).³

Biodiversidad: diversidad dentro de las especies, entre especies y entre ecosistemas. Incluye diversidad de especies, diversidad ecológica y diversidad genética.

- Diversidad de especies: variación en las especies, que incluye su abundancia relativa.
- Diversidad ecológica: variación en los hábitats, utilización de recursos e interacciones entre especies.
- Diversidad genética: variación de genes de los individuos, lo que permite la adaptación a entornos diferentes o cambiantes.

Degradación de los ecosistemas: una reducción a largo plazo en la estructura, funcionalidad o capacidad de un ecosistema para proporcionar beneficios a las personas.

Economía circular: un sistema regenerativo en el que la entrada de recursos y los desechos, las emisiones y las fugas de energía se minimizan al ralentizar, cerrar y estrechar los bucles de material y energía. Esto se puede lograr a través de un diseño duradero, mantenimiento, reparación, reutilización, remanufactura, renovación y reciclaje.

Ecosistema: organismos vivos y componentes no vivos de la naturaleza que interactúan como un sistema.

Naturaleza: todas las cosas y procesos no hechos por humanos.

Procesos ecológicos: los procesos físicos o biológicos que vinculan a los organismos con sus entornos.

Resiliencia: el nivel de perturbación que un ecosistema o una sociedad pueden sufrir sin cruzar el umbral hacia una situación con una estructura o unos resultados diferentes.

Restauración de ecosistemas: políticas y prácticas que se centran necesariamente en la recuperación de un sistema vivo autosostenible característico de paisajes pasados o menos perturbados.

Salud del ecosistema: el grado en que un ecosistema sustenta y mantiene poblaciones nativas de especies y procesos ecológicos clave, como el flujo de la energía, el ciclo de los nutrientes y el movimiento de la materia orgánica. La salud de ecosistemas sustenta los servicios ecosistémicos, como la polinización, la purificación del agua y la reducción del riesgo de calor. La salud del ecosistema también se conoce como integridad del ecosistema o funcionamiento del ecosistema.

Servicio ecosistémico: un servicio que proporciona por un ecosistema como una propiedad intrínseca de su funcionalidad (como la polinización, el ciclo de nutrientes, la fijación de nitrógeno, la dispersión de frutos y semillas).

Soluciones basadas en la naturaleza: acciones tomadas para proteger, gestionar o restaurar ecosistemas naturales o modificados de manera que aborden los desafíos sociales.

Referencias

1. Brondizio, E.S., Settele, J., Díaz, S., & Ngo, H. T., eds. *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES secretariat, Bonn, Germany (2019). <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>.
2. Protecting Nature Could Avert Global Economy Losses of \$2.7 Trillion Per Year. World Bank Group. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2021/07/01/protecting-nature-could-avert-global-economic-losses-of-usd2-7-trillion-per-year> (2021).
3. Glossary. IPBES. <https://www.ipbes.net/glossary> (2022).
4. *State of Finance for Nature 2022*. UN Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/state-finance-nature-2022> (2022).
5. *State of Finance for Nature 2023*. UN Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/state-finance-nature-2023> (2023).
6. Private Funders of the New ‘Protecting Our Planet Challenge’ Announce \$5 Billion Commitment to Protect and Conserve 30% of Planet by 2030. Bloomberg Philanthropies. <https://www.bloomberg.org/press/private-funders-of-the-new-protecting-our-planet-challenge-announce-5-billion-commitment-to-protect-and-conserve-30-of-planet-by-2030/> (2021).
7. G20 leadership required to catalyze private capital inflow for nature-based solutions. UN Environment Programme. <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/g20-leadership-required-catalyze-private-capital-inflow-nature-based> (2022).
8. Climate Solutions Partnership: Nature-based Solutions (NBS). World Resources Institute. <https://www.wri.org/initiatives/climate-solutions-partnership/nature-based-solutions>.
9. Tollefson, J. Humans are driving one million species to extinction. *Nature* **569**, 171–171 (2019).
10. Hubau, W. *et al.* Asynchronous carbon sink saturation in African and Amazonian tropical forests. *Nature* **579**, 80–87 (2020).
11. Friedlingstein, P. *et al.* Global Carbon Budget 2023. *Earth Syst. Sci. Data* **15**, 5301–5369 (2023).
12. Dicks, L. V. *et al.* A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. *Nat. Ecol. Evol.* **5**, 1453–1461 (2021).
13. Peixoto, R.S. *et al.* Harnessing the microbiome to prevent global biodiversity loss. *Nat. Microbiol.* **7**, 1726–1735 (2022).
14. Erisman, J. *et al.* How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geosci.* **1**, 636–639 (2008).
15. IUCN Global Standard for Nature-based Solutions: first edition. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.08.en> (2020).
16. Shukla, P.R. *et al.*, eds. *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press,

Cambridge, UK and New York, NY, USA (2022). doi: 10.1017/9781009157926.001.

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>.

17. Sanderman, J., Hengl, T. & Fiske, G. J. Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **114**, 9575–9580 (2017).
18. Griscom, B. W. *et al.* Natural climate solutions. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **114**, 11645–11650 (2017).
19. *The United Nations World Water Development Report 2023: partnerships and cooperation for water; executive summary.* UNESCO World Water Assessment Programme. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384657> (2023).
20. Abell, R., *et al.* *Beyond the Source: The Environmental, Economic and Community Benefits of Source Water Protection.* The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA (2017). https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/Beyond_The_Source_Full_Report_FinalV4.pdf.
21. Greenwood, E., *et al.* Mapping safe drinking water use in low- and middle-income countries. *Science* **385**, 784–790 (2024). doi:10.1126/science.adh9578.
22. *Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2000–2017—Special focus on Inequalities.* U.N. Children’s Fund and World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516235> (2019).
23. Medellín shows how nature-based solutions can keep people and planet cool. UN Environment Programme. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/medellin-shows-how-nature-based-solutions-can-keep-people-and-planet-cool> (2019).
24. Hamel, P. *et al.* Mapping the benefits of nature in cities with the InVEST software. *Npj. Urban Sustain.* **1**, 1–9 (2021).
25. Holden, P. B. *et al.* Nature-based solutions in mountain catchments reduce impact of anthropogenic climate change on drought streamflow. *Commun. Earth Environ.* **3**, 1–12 (2022).
26. *Water replenishment: Our learnings on the journey to water positive.* Microsoft. <https://aka.ms/MicrosoftWaterReplenishment> (2023).
27. *Nature Risk Rising: Why the Crisis Engulfing Nature Matters for Business and the Economy.* World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/new-nature-economy-report-series/nature-risk-rising/> (2020).
28. Queiroz, C. *et al.* Investment in resilient food systems in the most vulnerable and fragile regions is critical. *Nat. Food* **2**, 546–551 (2021).
29. Johnson, J.A. *et al.* *The Economic Case for Nature—A Global Earth-economy Model to Assess Development Policy Pathways.* World Bank Group. <https://www.worldbank.org/en/topic/environment/publication/the-economic-case-for-nature> (2021).
30. Lewsey, F. Dasgupta Review: Nature’s value must be included in economics to preserve biodiversity. University of Cambridge. <https://www.cam.ac.uk/stories/dasguptareview> (2021).
31. Everard, M., Johnston, P., Santillo, D. & Staddon, C. The role of ecosystems in mitigation and management of Covid-19 and other zoonoses. *Environ. Sci. Policy* **111**, 7–17 (2020).

32. Lawler, O. K. *et al.* The COVID-19 pandemic is intricately linked to biodiversity loss and ecosystem health. *Lancet Planet. Health* **5**, e840–e850 (2021).
33. Vicarelli, M. *et al.* On the cost-effectiveness of Nature-based Solutions for reducing disaster risk. *Sci. Total Environ.* **947**, 174524 (2024).
34. Vigerstol K., Karres, N., Kang, S., Lilly, N., & Massey-Bierman, M. *Accelerating Adaptation: the promise and limitations of Nature-based Solutions in the race to adapt to increasing floods and droughts*. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA (2023). <https://www.nature.org/en-us/what-we-do/our-insights/perspectives/accelerating-adaptation-nature-based-solutions/>.
35. Pimm, S. L. *et al.* The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science* **344**, 1246752 (2014).
36. Ghisbain, G. *et al.* Projected decline in European bumblebee populations in the twenty-first century. *Nature* **628**, 337–341 (2024).
37. Kazenel, M. R., Wright, K. W., Griswold, T., Whitney, K. D. & Rudgers, J. A. Heat and desiccation tolerances predict bee abundance under climate change. *Nature* **628**, 342–348 (2024).
38. Klein, A-M. *et al.* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B.* **274**, 303–313 (2006). doi:10.1098/rspb.2006.3721.
39. Aizen, M. A. *et al.* Global agricultural productivity is threatened by increasing pollinator dependence without a parallel increase in crop diversification. *Glob. Change Biol.* **25**, 3516–3527 (2019).
40. Liang, J. *et al.* Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests. *Science* **354**, aaf8957 (2016).
41. Anderegg, W. R. L. *et al.* Climate-driven risks to the climate mitigation potential of forests. *Science* **368**, eaaz7005 (2020).
42. Sukhdev, P. *et al.* *Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of Teeb*. UN Environment Programme, Geneva (2010). <https://www.unep.org/resources/report/economics-ecosystems-and-biodiversity-mainstreaming-economics-nature-synthesis>.
43. Heilmayr, R., Echeverría, C. & Lambin, E. F. Impacts of Chilean forest subsidies on forest cover, carbon and biodiversity. *Nat. Sustain.* **3**, 701–709 (2020).
44. Feng, Y. *et al.* Multispecies forest plantations outyield monocultures across a broad range of conditions. *Science* **376**, 865–868 (2022).
45. Seddon, N. Harnessing the potential of nature-based solutions for mitigating and adapting to climate change. *Science* **376**, 1410–1416 (2022).
46. Brancalion, P. H. S. & Holl, K. D. Guidance for successful tree planting initiatives. *J. Appl. Ecol.* **57**, 2349–2361 (2020).
47. Caunda, M. J. Recultivating and embracing Philippine Native Trees over Exotic species. *Cebu Daily News*. <https://cebudailynews.inquirer.net/569584/recultivating-and-embracing-philippine-native-trees-over-exotic-species> (2024).

48. Journal, B. A glimpse to botanical garden: Case study in the environment and ecological niche of molave tree. *BOHR Publ.* (2023).
49. Moyano, J. *et al.* Unintended consequences of planting native and non-native trees in treeless ecosystems to mitigate climate change. *Journal of Ecology* **00**, 1–12 (2024).
50. Veldman, J. W. *et al.* Where Tree Planting and Forest Expansion are Bad for Biodiversity and Ecosystem Services. *BioScience* **65**, 1011–1018 (2015).
51. Aguirre-Gutiérrez, J., Stevens, N. & Berenguer, E. Valuing the functionality of tropical ecosystems beyond carbon. *Trends Ecol. Evol.* **38**, 1109–1111 (2023).
52. Weiskopf, S. R. *et al.* Biodiversity loss reduces global terrestrial carbon storage. *Nat. Commun.* **15**, 4354 (2024).
53. Isbell, F. *et al.* Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature* **526**, 574–577 (2015).
54. Oliver, T. H. *et al.* Declining resilience of ecosystem functions under biodiversity loss. *Nat. Commun.* **6**, 10122 (2015).
55. McLauchlan, K. K. *et al.* Fire as a fundamental ecological process: Research advances and frontiers. *J. Ecol.* **108**, 2047–2069 (2020).
56. Thorogood, R. *et al.* Understanding and applying biological resilience, from genes to ecosystems. *Npj. Biodivers.* **2**, 1–13 (2023).
57. Noon, M. L. *et al.* Mapping the irrecoverable carbon in Earth’s ecosystems. *Nat. Sustain.* **5**, 37–46 (2022).
58. Sze, J. S., Carrasco, L. R., Childs, D. & Edwards, D. P. Reduced deforestation and degradation in Indigenous Lands pan-tropically. *Nat. Sustain.* **5**, 123–130 (2022).
59. Cottrell, C. Avoiding a new era in biopiracy: Including indigenous and local knowledge in nature-based solutions to climate change. *Environ. Sci. Policy* **135**, 162–168 (2022).
60. Vogel, B., Yumagulova, L., McBean, G. & Charles Norris, K. A. Indigenous-Led Nature-Based Solutions for the Climate Crisis: Insights from Canada. *Sustainability* **14**, 6725 (2022).
61. *Nature-based Climate Solutions for the Voluntary Carbon Market—An Investor Guide for Corporates and Financial Institutions.* Natural Climate Solutions Alliance. <https://www.wbcsd.org/resources/natural-climate-solutions-for-the-voluntary-carbon-market-an-investor-guide-for-companies-and-financial-institutions/> (2024).
62. *Delivering Nature-based Solution Outcomes by Addressing Policy, Institutional and Monitoring Gaps in Forest and Landscape Restoration.* Kenya-U.K. Pact, CIFOR-ICRAF, World Agroforestry, U.N. Food and Agricultural Organization, Africa Wildlife Foundation. <https://www.cifor-icraf.org/nature-based-solution-for-forest-and-landscape-restoration/> (2023).
63. Anderegg, W. R. L. *et al.* A climate risk analysis of Earth’s forests in the 21st century. *Science* **377**, 1099–1103 (2022).
64. Brill, G. *et al.* *Benefit Accounting of Nature-Based Solutions for Watersheds: Guide.* United Nations CEO Water Mandate and Pacific Institute, Oakland, California (2021). <https://pacinst.org/publication/benefit-accounting-nbs-guide/>.

65. Historic Centre of Mexico City and Xochimilco. UNESCO World Heritage Convention. <https://whc.unesco.org/en/list/412/>.
66. Wagner, J., Mega, E. R., Sengupta, S. & Rodríguez, C. Mexico City Has Long Thirsted for Water. The Crisis Is Worsening. *The New York Times* (2024). <https://www.nytimes.com/2024/05/18/world/americas/mexico-city-water.html>.
67. Vance, E. Biology's beloved amphibian—the axolotl—is racing towards extinction. *Nature* **551**, 286–289 (2017).
68. Meli, P., Benayas, J. M. R., Balvanera, P. & Ramos, M. M. Restoration Enhances Wetland Biodiversity and Ecosystem Service Supply, but Results Are Context-Dependent: A Meta-Analysis. *PLOS ONE* **9**, e93507 (2014).
69. Lal, R. Carbon sequestration. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **363**, 815–830 (2007).
70. Kayranli, B., Scholz, M., Mustafa, A. & Hedmark, Å. Carbon Storage and Fluxes within Freshwater Wetlands: a Critical Review. *Wetlands* **30**, 111–124 (2010).
71. Nahlik, A. M. & Fennessy, M. S. Carbon storage in US wetlands. *Nat. Commun.* **7**, 13835 (2016).
72. Mitsch, W. J., Gosselink, J. G., Zhang, L., & Anderson, C. J. *Wetland Ecosystems*. John Wiley & Sons (2009). <https://www.wiley.com/en-us/Wetland+Ecosystems-p-9780470286302>.
73. Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J. & Hirota, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol. Conserv.* **142**, 1141–1153 (2009).
74. Morales, M. Inside Microsoft's Panama tropical forest carbon offtake deal. *Trellis*. <https://trellis.net/article/inside-microsofts-panama-tropical-forest-carbon-offtake-deal/> (2024).
75. Matthews, H. D. *et al.* Temporary nature-based carbon removal can lower peak warming in a well-below 2°C scenario. *Commun. Earth Environ.* **3**, 65 (2022). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00391-z>.
76. *Microsoft Carbon Removal—Observations from our third year*. Microsoft. <https://aka.ms/FY23CarbonRemovalLessonsLearned> (2023).
77. re.green signs a landmark forest restoration project with Microsoft. re.green. <https://re.green/en/historias/re-green-signs-a-landmark-forest-restoration-project-with-microsoft/> (2024).
78. Novick, K. A. *et al.* We need a solid scientific basis for nature-based climate solutions in the United States. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **121**, e2318505121 (2024).
79. Mori, A. S. *et al.* Biodiversity–productivity relationships are key to nature-based climate solutions. *Nat. Clim. Change* **11**, 543–550 (2021).
80. Hernandez, A. *et al.* Pytorch-Wildlife: A Collaborative Deep Learning Framework for Conservation. Preprint at <http://arxiv.org/abs/2405.12930> (2024).
81. AI may hold a key to the preservation of the Amazon rainforest. Microsoft. <https://news.microsoft.com/source/latam/features/ai/amazon-ai-rainforest-deforestation/?lang=en> (2023).
82. Alejo. Prioritizing Nature-based Solutions through Reinforcement Learning to align Canada's 30×30 targets with climate and water co-benefits. In prep.

83. Luers, A. et al. Make greenhouse-gas accounting reliable – build interoperable systems. *Nature* **607**, 653–656 (2022).
84. Matthews, H. D. et al. Temporary nature-based carbon removal can lower peak warming in a well-below 2°C scenario. *Commun. Earth Environ.* **3**, 1–8 (2022).
85. Robinson, C., Ortiz, A., Hughey, L., Stabach, J. A. & Ferres, J. M. L. Detecting Cattle and Elk in the Wild from Space. Preprint at <http://arxiv.org/abs/2106.15448> (2021).
86. Zhong, M. et al. Acoustic detection of regionally rare bird species through deep convolutional neural networks. *Ecol. Inform.* **64**, 101333 (2021).
87. Khan, C. B. et al. A Biologist’s Guide to the Galaxy: Leveraging Artificial Intelligence and Very High-Resolution Satellite Imagery to Monitor Marine Mammals from Space. *J. Mar. Sci. Eng.* **11**, 595 (2023).
88. Zhong, M. et al. Beluga whale acoustic signal classification using deep learning neural network models. *J. Acoust. Soc. Am.* **147**, 1834–1841 (2020).
89. Lavista Ferres, J. M. et al. Social connectedness and movements among communities of giraffes vary by sex and age class. *Anim. Behav.* **180**, 315–328 (2021).
90. Lee, D. E. & Bond, M. L. Precision, accuracy, and costs of survey methods for giraffe *Giraffa camelopardalis*. *J. Mammal.* **97**, 940–948 (2016).
91. Gonzalez, A. et al. A global biodiversity observing system to unite monitoring and guide action. *Nat. Ecol. Evol.* **7**, 1947–1952 (2023).
92. Can farming in wildlife corridors benefit people and biodiversity? World Wildlife Fund. <https://www.worldwildlife.org/stories/can-farming-in-wildlife-corridors-benefit-people-and-biodiversity> (2023).
93. Grinshpan, M., Furman, A., Dahlke, H. E., Raveh, E. & Weisbrod, N. From managed aquifer recharge to soil aquifer treatment on agricultural soils: Concepts and challenges. *Agric. Water Manag.* **255**, 106991 (2021).
94. Wood, S. A. et al. Functional traits in agriculture: agrobiodiversity and ecosystem services. *Trends Ecol. Evol.* **30**, 531–539 (2015).
95. Yang, Y., Tilman, D., Furey, G. & Lehman, C. Soil carbon sequestration accelerated by restoration of grassland biodiversity. *Nat. Commun.* **10**, 718 (2019).
96. Bossio, D. A. et al. The role of soil carbon in natural climate solutions. *Nat. Sustain.* **3**, 391–398 (2020).
97. Davis, M. R. et al. Review of Soil Organic Carbon Measurement Protocols: A US and Brazil Comparison and Recommendation. *Sustainability* **10**, 53 (2018).
98. Swinfield, T., Shrikanth, S., Bull, J. W., Madhavapeddy, A. & zu Ermgassen, S. O. S. E. Nature-based credit markets at a crossroads. *Nat. Sustain.* (2024) <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01403-w>.
99. Trencher, G., Nick, S., Carlson, J. & Johnson, M. Demand for low-quality offsets by major companies undermines climate integrity of the voluntary carbon market. *Nat. Commun.* **15**, 6863 (2024).
100. *2023 State of the Voluntary Carbon Markets Report*. Ecosystem Marketplace. <https://www.ecosystemmarketplace.com/publications/state-of-the-voluntary-carbon-market-report-2023/> (2023).

101. Delacote, P. *et al.* Strong transparency required for carbon credit mechanisms. *Nat. Sustain.* **7**, 706–713 (2024).
102. *Innovative Finance for Nature and People*. Global Environment Facility.
<https://www.thegef.org/newsroom/publications/innovative-finance-nature-and-people> (2023).
103. von Hase, A. & Cassin, J. *Theory and Practice of 'Stacking' and 'Bundling' Ecosystem Goods and Services: a Resource Paper*. Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP). Forest Trends, Washington, D.C. (2018).
https://www.forest-trends.org/bbop_pubs/stacking_and_bundling/.
104. Robertson, M. *et al.* Stacking ecosystem services. *Front. Ecol. Environ.* **12**, 186–193 (2014).
105. Raynaud, P. & Sorret, T. *Standard for Global Restoration Efforts*. Ecosystem Restoration Standard.
<https://docs.ers.org/programme-v1.1.pdf> (2024).
106. Faecks, B. & Dufrasne, G. *Rating the raters: Assessing the quality of carbon credit rating agencies*. Carbon Market Watch. <https://carbonmarketwatch.org/publications/rating-the-raters-assessing-carbon-credit-rating-agencies/> (2023).
107. Blanchard, L.A. *et al.* Funding forests' climate potential without carbon offsets. *One Earth* **7** (7), P1147–1150 (2024).
108. Section 404 of the Clean Water Act: Federal Guidance for the Establishment, Use and Operation of Mitigation Banks. US EPA. <https://www.epa.gov/cwa-404/federal-guidance-establishment-use-and-operation-mitigation-banks-0> (2015).
109. Innovative Partnerships Fast Track Polluted Portland Harbor Toward Restoration. NOAA Fisheries.
<https://www.fisheries.noaa.gov/feature-story/innovative-partnerships-fast-track-polluted-portland-harbor-toward-restoration> (2022).
110. Coweeman River Wetland and Conservation Bank. State of Washington Department of Ecology.
<https://ecology.wa.gov/Water-Shorelines/Wetlands/Mitigation/Wetland-mitigation-banking/Mitigation-bank-projects/Coweeman-River>.
111. West, T. A. P. *et al.* Action needed to make carbon offsets from forest conservation work for climate change mitigation. *Science* **381**, 873–877 (2023).
112. Kirschbaum, M. U. F. Temporary Carbon Sequestration Cannot Prevent Climate Change. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change* **11**, 1151–1164 (2006).
113. zu Ermgassen, S. O. S. E. *et al.* Evaluating the impact of biodiversity offsetting on native vegetation. *Glob. Change Biol.* **29**, 4397–4411 (2023).
114. Hill, S. L. L. *et al.* The Ecosystem Integrity Index: a novel measure of terrestrial ecosystem integrity with global coverage. 2022.08.21.504707 Preprint at <https://doi.org/10.1101/2022.08.21.504707> (2022).
115. *Measuring Ecosystem Condition – A Primer for Business*. Capitals Coalition.
<https://capitalscoalition.org/publication/measuring-ecosystem-condition-a-primer-for-business/>.
116. Lu, Y. *et al.* Ecosystem health towards sustainability. *Ecosyst. Health Sustain.* **1**, 1–15 (2015).
117. Hernández-Blanco, M. *et al.* Ecosystem health, ecosystem services, and the well-being of humans and the rest of nature. *Glob. Change Biol.* **28**, 5027–5040 (2022).

118. Strassburg, B. B. N. *et al.* Global priority areas for ecosystem restoration. *Nature* **586**, 724–729 (2020).
119. Hasler, N. *et al.* Accounting for albedo change to identify climate-positive tree cover restoration. *Nat. Commun.* **15**, 2275 (2024).
120. *Scaling Voluntary Carbon Markets: A Playbook for Corporate Action*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/scaling-voluntary-carbon-markets-a-playbook-for-corporate-action/> (2023).
121. Parrotta, J., Mansourian, S., Grima, N. & Wildburger, C., eds. *Forests, Climate, Biodiversity and People: Assessing a Decade of REDD+*. *IUFRO World Series* **40**. International Union of Forest Research Organizations, Vienna (2022). <https://www.iufro.org/news/article/2022/05/04/world-series-vol-40-forests-climate-biodiversity-and-people-assessing-a-decade-of-redd/>
122. Hajjar, R. *et al.* A global analysis of the social and environmental outcomes of community forests. *Nat. Sustain.* **4**, 216–224 (2021).
123. Chaplin-Kramer, R. *et al.* Mapping the planet’s critical natural assets. *Nat. Ecol. Evol.* **7**, 51–61 (2022).
124. Yirdaw, E., Kanninen, M. & Monge, A. Synergies and Trade-Offs between Biodiversity and Carbon in Ecological Compensation. *Sustainability* **15**, 11930 (2023).
125. Wright, I. J. *et al.* The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* **428**, 821–827 (2004).
126. Reich, P. B. The world-wide ‘fast–slow’ plant economics spectrum: a traits manifesto. *J. Ecol.* **102**, 275–301 (2014).
127. Díaz, S. *et al.* The global spectrum of plant form and function. *Nature* **529**, 167–171 (2016).
128. Paul, K. I. *et al.* Managing reforestation to sequester carbon, increase biodiversity potential and minimize loss of agricultural land. *Land Use Policy* **51**, 135–149 (2016).
129. Brancalion, P. H. S. *et al.* Exotic eucalypts: From demonized trees to allies of tropical forest restoration? *J. Appl. Ecol.* **57**, 55–66 (2020).
130. Lewis, S. L., Wheeler, C. E., Mitchard, E. T. A. & Koch, A. Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. *Nature* **568**, 25–28 (2019).
131. Scotti, V. Mexico’s Mesoamerican Barrier Reef is now being protected with insurance – here’s how. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2021/09/mesoamerican-coral-reef-mexico-using-insurance-to-protect-ecosystem/> (2021).
132. Major Upgrade to First U.S. Coral Reef Insurance Policy Increases Coverage and Enables More Robust Post-Storm Response. The Nature Conservancy. <https://www.nature.org/en-us/newsroom/upgrade-to-first-us-coral-reef-insurance-policy/> (2024).
133. Swiss Re: Insuring Natural Capital to Protect Ecosystems and Communities. The Nature Conservancy. <https://www.nature.org/en-us/about-us/who-we-are/how-we-work/working-with-companies/companies-investing-in-nature1/swiss-re/>.
134. Badgley, G. *et al.* California’s forest carbon offsets buffer pool is severely undercapitalized. *Front. For. Glob. Change* **5**, (2022).

135. Wu, C. *et al.* Uncertainty in US forest carbon storage potential due to climate risks. *Nat. Geosci.* **16**, 422–429 (2023).
136. Lankes, H. P. *Blended finance for scaling up climate and nature investments: Report of the One Planet Lab*. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, London, England, UK (2021). <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/publication/blended-finance-for-scaling-up-climate-and-nature-investments/>.
137. Allen, I. & Mulyana, F. Blended financing for carbon projects with great social impact. PricewaterhouseCoopers. <https://www.pwc.com/id/en/media-centre/pwc-in-news/2024/english/blended-financing-for-carbon-projects-with-great-social-impact.html> (2024).
138. New Model for Conservation Finance to Accelerate Reforestation Efforts in the Amazon. World Bank Group. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2024/08/12/new-model-for-conservation-finance-to-accelerate-reforestation-efforts-in-the-amazon> (2024).
139. *Criteria for High-quality Carbon Dioxide Removal—2024 Edition*. Microsoft. <https://query.prod.cms.rt.microsoft.com/cms/api/am/binary/RWGG6f> (2024).
140. *State of the World's Trees*. Botanic Gardens Conservation International. <https://www.bgci.org/resources/bgci-tools-and-resources/state-of-the-worlds-trees/> (2021).
141. Lam, R. *et al.* Learning skillful medium-range global weather forecasting. *Science* **382**, 1416–1421 (2023).
142. Wong, C. DeepMind AI accurately forecasts weather—on a desktop computer. *Nature* (2023) <https://doi.org/10.1038/d41586-023-03552-y>.
143. Kochkov, D. *et al.* Neural general circulation models for weather and climate. *Nature* **632**, 1060–1066 (2024).



©2024 Microsoft Corporation, el Centro para la Resiliencia Climática Costera en UC Santa Cruz, CIFOR-ICRAF, el Centro Wilkes para la Ciencia y Política Climáticas y SDA-Concordia. El logotipo y la marca registrada de Microsoft son propiedad de Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados. Este documento se proporciona "tal cual". La información y las opiniones expresadas en este documento, incluidas las direcciones URL y otras referencias a sitios web de Internet, están sujetas a cambios sin previo aviso. Tu asumes el riesgo de utilizarlo. Puedes copiar y usar este documento para tus propósitos internos de referencia. A menos que se indique lo contrario, la referencia a cualquier nombre comercial, producto, servicio o enlace de hipertexto a terceros no constituye ni implica su respaldo, patrocinio o recomendación por o para Microsoft, el Centro para la Resiliencia Climática Costera de UC Santa Cruz, CIFOR-ICRAF, el Centro Wilkes para la Ciencia y Política Climáticas y SDA-Concordia.