



SCIENTIFIC PANEL

ON RESPONSIBLE PLANT NUTRITION

LOGRAR UNA NUTRICIÓN VEGETAL POSITIVA PARA LA NATURALEZA: FERTILIZANTES Y BIODIVERSIDAD

Resumen informativo 02, Agosto 2021

PUNTOS CLAVES

La nutrición mineral de los cultivos y pasturas afecta fuertemente los alimentos y la biodiversidad, ambos esenciales para el bienestar de la humanidad. Las aplicaciones excesivas de nutrientes, en particular fósforo y nitrógeno, tienen impactos negativos en la biodiversidad de los sistemas agrícolas y su entorno. Sin embargo, la subaplicación de nutrientes también afecta negativamente los sistemas debido a que se produce una degradación de los suelos que resulta en un aumento de la presión para convertir ecosistemas naturales en sistemas productivos. La gestión óptima de los aportes de nutrientes para la biodiversidad, la alimentación, la nutrición y otros resultados debe basarse en objetivos y soluciones específicos del contexto que mejoren la biodiversidad desde el campo hasta el paisaje y a escala mundial.

La biodiversidad proporciona servicios ecosistémicos críticos y, a menudo, insustituibles para la agricultura, la sociedad en general y la naturaleza. Las relaciones entre los alimentos, la biodiversidad y los nutrientes son complejas, con muchas compensaciones que gestionar y sinergias que aprovechar. Los fertilizantes y otras prácticas agrícolas afectan la biodiversidad de muchas maneras, desde las bacterias del suelo hasta los efectos más amplios del cambio climático inducido por el hombre en el medio ambiente (Figura 1).

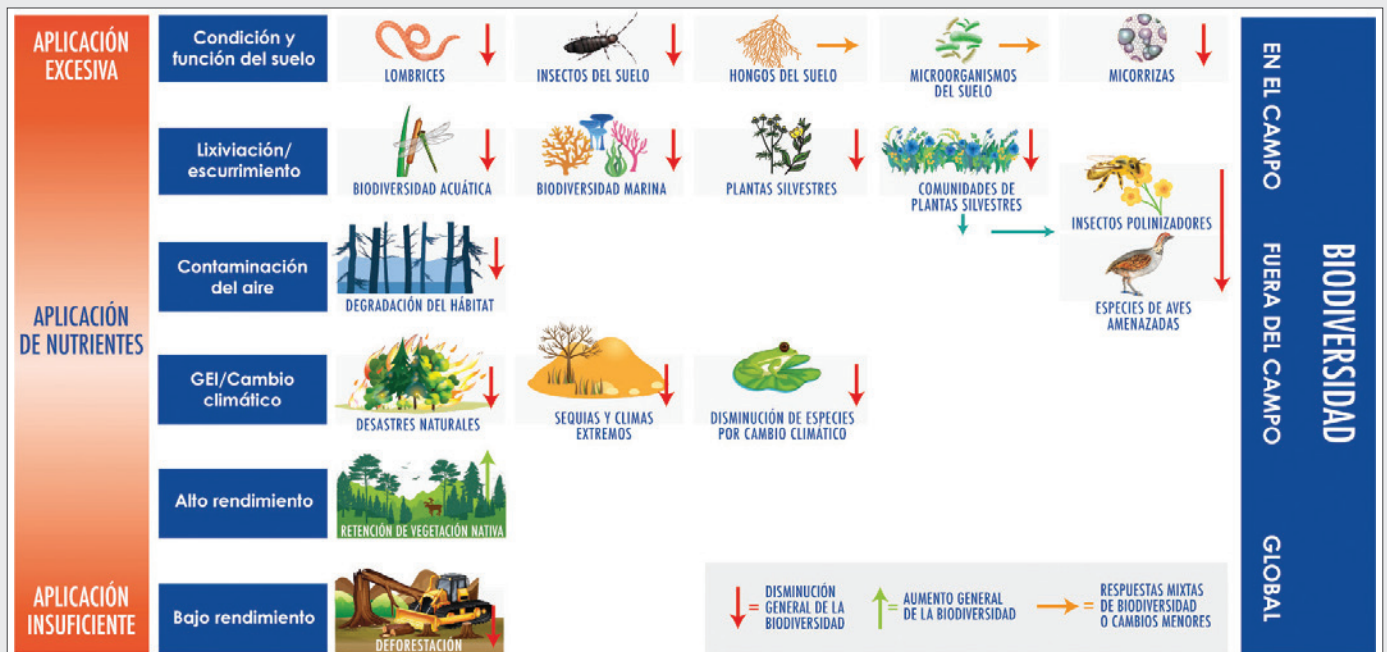


Figura 1. Respuestas generales de la biodiversidad a la aplicación de nutrientes en agricultura. La escala abarca desde el lote hasta el planeta. Las respuestas de la biodiversidad pueden ser directas (efectos en la diversidad de plantas) o indirectas (la diversidad vegetal disminuye debido a la degradación del ambiente y la reducción de la diversidad de las poblaciones de aves e insectos polinizadores). Las respuestas pueden ser positivas (flechas verdes), negativas (flechas rojas) o neutras (flechas naranjas).

La mayoría de los informes abordan los efectos negativos sobre la biodiversidad y otros aspectos del medio ambiente causados por la aplicación excesiva o inapropiada de fertilizantes, incluidos los impactos sobre la biodiversidad a través de cambios en el suelo, contaminación externa o emisiones gaseosas. Si bien existe abundante investigación sobre las consecuencias negativas del uso de nitrógeno o fósforo en la agricultura, se sabe menos sobre los impactos positivos en la biodiversidad o el papel de otros nutrientes, incluidos el potasio y los micronutrientes. Los nutrientes han elevado los rendimientos agrícolas en muchas partes del mundo, reduciendo el incentivo para incorporar ecosistemas naturales a la producción. Al limitar la expansión de la agricultura, los fertilizantes, si se aplican correctamente, también pueden tener grandes impactos positivos en la biodiversidad. Teniendo en cuenta la necesidad de aumentar la producción mundial de alimentos en las tierras agrícolas existentes, esta vía de impacto será de particular importancia en las próximas décadas.

Si bien existen demandas generalizadas para reducir el aporte de nutrientes, lo que realmente se necesita son metas y soluciones específicas del contexto para el uso integrado y eficiente de los nutrientes en la agricultura que optimicen múltiples objetivos, incluida la biodiversidad. Existen excelentes oportunidades para incorporar las respuestas de la diversidad biológica a los enfoques de manejo responsable de nutrientes. Aprovecharlos requerirá una mayor interacción y colaboración de las partes interesadas centradas en la agricultura y la diversidad biológica.

¿CUAL ES EL PROBLEMA?

Este resumen se centra en cómo el manejo de nutrientes en la agricultura afecta la biodiversidad, reconociendo que esto está interrelacionado con muchas otras dimensiones del desarrollo agrícola que impactan la biodiversidad (por ejemplo, desmonte, quema, labranza, compactación del suelo, erosión, agroquímicos, monocultivos).

La rápida pérdida global de biodiversidad y servicios de los ecosistemas es uno de los desafíos más urgentes de nuestro tiempo (1). Las tasas y el alcance de la pérdida de biodiversidad son tales que muchos expertos sugieren que estamos en medio de una sexta extinción masiva (2). Esto es causado por muchas amenazas, incluida la pérdida de hábitat, la sobreexplotación, el cambio climático, las especies invasoras y la contaminación de los suelos, el agua y el aire. La agricultura y los sistemas alimentarios son la causa más importante de pérdida de biodiversidad (3) y generan muchos otros impactos ambientales (4). La agricultura afecta a la biodiversidad de muchas maneras, incluyendo la conversión de ecosistemas naturales en sistemas de producción, las consecuencias del manejo agrícola dentro y fuera del sitio, y la contaminación a gran escala y las contribuciones al cambio climático (5). Desde 1985, ha habido conversiones considerables de montes y bosques naturales a pastizales y tierras de cultivo (Figura 2), gran parte de la conversión sucedió en regiones tropicales de alta biodiversidad (6). A pesar de esto, algunos sistemas agrícolas también pueden soportar niveles muy altos de biodiversidad e incluso proporcionar hábitat para especies de interés para la conservación (7). Este es particularmente el caso donde los sistemas agrícolas son diversos y contienen elementos de hábitat conectados y de gran tamaño, y donde las especies dependen de prácticas agrícolas más "tradicionales" (8).

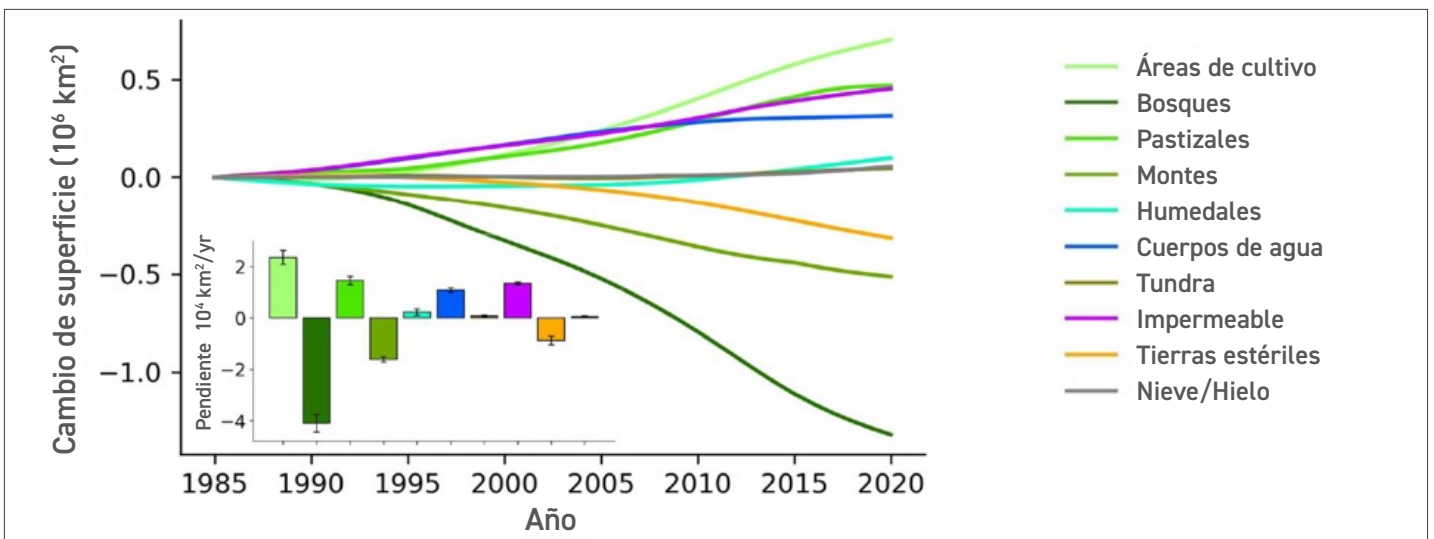


Figura 2. Cambios globales en el uso de la tierra desde 1985 (6). La tendencia muestra un aumento en el área de pastizales y tierras de cultivo mientras que disminuyen áreas de bosques y montes.

La biodiversidad no es solo "agradable de tener", su pérdida tiene serias implicaciones para la humanidad y la naturaleza. Esto se debe a que la biodiversidad impulsa muchos de los procesos ecológicos vitales y los sistemas de soporte de vida planetarios de los que dependemos para nuestra propia supervivencia (9).

Dado que la demanda de alimentos ha aumentado a nivel mundial, se han realizado enormes esfuerzos para aumentar los rendimientos agrícolas, lo que hasta ahora ha sido posible a través de una variedad de tecnologías e intervenciones de manejo, a menudo clasificadas colectivamente como "intensificación agrícola". Para esto ha sido fundamental el mayor uso de nutrientes en la producción de cultivos, principalmente mediante el uso de fertilizantes minerales, pero también a través de fertilizantes orgánicos como estiércol de ganado, compost, lodos de depuradora, legumbres en rotaciones de cultivos o cultivos de árboles leguminosos. Desde 1985, la producción agrícola mundial se ha duplicado, impulsada por un aumento considerable en el consumo mundial de fertilizantes, de aproximadamente 130 Mt N + P₂O₅ + K₂O en 1985 a 190 Mt en la actualidad. Solo el consumo anual de nitrógeno aumentó de 70 Mt a 105 Mt.¹

Si bien los aumentos en la producción de alimentos han sido profundos, con un aumento de la seguridad alimentaria para miles de millones de personas en todo el mundo, también se han producido considerables pérdidas de biodiversidad a escala de sitio y fuera de sitio (10, 11) y otros impactos ambientales negativos (12) asociados con el uso de fertilizantes en agricultura. Otro problema es que los aumentos en la aplicación de nutrientes aún no se han experimentado por igual en todo el mundo. En algunas regiones existen considerables desigualdades de productividad, conocidas como "brechas de rendimiento", la diferencia entre los rendimientos de los cultivos potenciales y los obtenidos. Por ejemplo, lograr la seguridad alimentaria en África subsahariana puede requerir aumentos de 9 a 15 veces en los aportes de nutrientes (13) en los próximos 30 años, lo que podría tener consecuencias potencialmente negativas para la biodiversidad, así como considerables implicaciones en las emisiones de gases de efecto invernadero (14).

Si bien a menudo la atención se centra firmemente en las pérdidas de biodiversidad debidas a los excedentes de nutrientes, el aumento de la productividad asociado con el aumento de los aportes de nutrientes y otras mejoras genéticas o agronómicas ha contribuido a que las tierras naturales no se conviertan en tierras de producción (15). La gestión responsable de los nutrientes también puede tener beneficios adicionales, como un aumento de la materia orgánica del suelo o de la fertilidad del suelo. A escala mundial, las contribuciones precisas de los insumos de fertilizantes agrícolas a la conservación de la tierra, o los impactos tanto positivos como negativos en la salud del suelo, no se han cuantificado completamente. Además, no podemos confiar solo en cerrar las brechas de rendimiento para (i) reducir la conversión de la tierra y la pérdida de biodiversidad asociada, y (ii) liberar la tierra para la restauración ecológica y / o el secuestro de carbono. Cualquier impulso global para optimizar los insumos en el manejo de nutrientes para la biodiversidad y otros resultados de los recursos naturales debe ir acompañado de una mejor planificación del uso de la tierra, legislación y aplicación de la eliminación de la vegetación nativa e incentivos para retener los ecosistemas naturales (16).

1. International Fertilizer Association. <http://ifadata.fertilizer.org/ucSearch.aspx>

¿QUE ESTA SUCEDIENDO?

Cómo la gestión de nutrientes afecta la biodiversidad

Las respuestas de la biodiversidad al manejo de nutrientes varían dependiendo de (i) la escala en la que ocurren (por ej., lote, paisaje), (ii) tipos de especies involucradas, (iii) tipo y composición de fertilizante aplicado (por ej., Inorgánico, orgánico, composición de nutrientes), (iv) uso de la tierra y contexto del paisaje (por ejemplo, monocultivo, mosaico de uso de la tierra) y (v) contexto socioeconómico que influye en los mercados, las políticas y las respuestas de los propietarios de tierras a los cambios de productividad.

Existen numerosas vías a través de las cuales la aplicación de nutrientes agrícolas puede afectar la biodiversidad, en las proximidades de la aplicación, en los ecosistemas río abajo e incluso a escalas mucho más grandes del paisaje y más allá. Tras una revisión exhaustiva de la literatura, hemos categorizado las interacciones del manejo de nutrientes y la biodiversidad de acuerdo con cuatro categorías amplias de presión y respuesta (Figura 3).

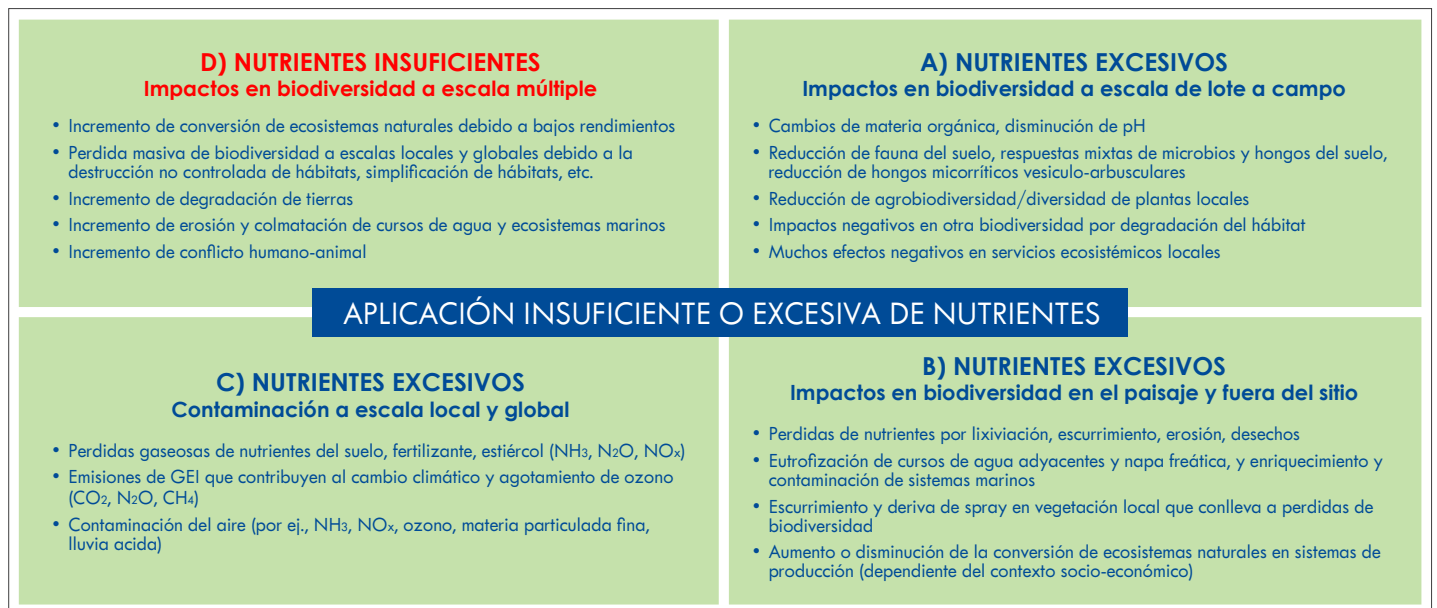


Figura 3. Respuestas generalizadas del medio ambiente, la biodiversidad y la conversión de la tierra a aportes de nutrientes agrícolas excesivos (A – C) e insuficientes (D).

A. EXCESO DE NUTRIENTES, IMPACTOS DE LOTE A ESTABLECIMIENTO. Las respuestas de la biodiversidad a esta escala afectan principalmente a las especies que aún no están bien adaptadas o no son tolerantes a los sistemas agrícolas y sus prácticas de manejo específicas. Muchos de los efectos conocidos son los de los fertilizantes inorgánicos sobre la biodiversidad del suelo, pero lo que es evidente es que los diferentes elementos de la biodiversidad a menudo responden de diferentes maneras. El aumento de los aportes de nutrientes también puede resultar en una disminución de la diversidad de plantas (17). Al aumentar los niveles de nutrientes (por ejemplo, nitrógeno) en un sistema, pueden ocurrir una serie de impactos, que incluyen (i) toxicidad directa en los puntos de aplicación a través de niveles elevados de compuestos nitrogenados; (ii) acumulación de compuestos de nitrógeno o fósforo que conducen a cambios en la composición y diversidad de las especies, favoreciendo especies tolerantes al N o P o desfavoreciendo especies adaptadas a sistemas pobres en nutrientes; o (iii) otros cambios del suelo (por ejemplo, aumento o disminución de la materia orgánica del suelo, acidificación o contaminación).

B. EXCESO DE NUTRIENTES, EFECTOS “MÁS ALLÁ DE LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA” Y “PAISAJE”. Los ecosistemas no agrícolas dentro o cerca de paisajes agrícolas son vulnerables a amenazas externas como la deriva y la escorrenría de agroquímicos (18). Esto puede ocurrir cuando los sistemas de producción de altos insumos externos gestionados de forma intensiva colindan con ecosistemas naturales. Las respuestas asociadas con la deriva de fertilizantes a los ecosistemas naturales adyacentes incluyen una mayor invasión de plantas exóticas, una reducción de la diversidad de plantas, una reducción de la diversidad de la fauna con una alta dependencia de las especies de plantas nativas y la contaminación de las aguas subterráneas. Una segunda vía más importante se relaciona con el enriquecimiento de nutrientes de los cuerpos de agua como una gran amenaza para los ecosistemas de agua dulce y su biodiversidad. Esto a menudo ocurre a través de la eutrofización, lo que conduce a un crecimiento excesivo de algas y los consiguientes efectos adversos en peces, anfibios e invertebrados (19, 20). La contaminación difusa por nutrientes puede tener influencias a distancias considerables en los sistemas costeros y las aguas marinas, como los arrecifes de coral. Un ejemplo de contaminación agrícola desde un sistema terrestre que afecta a un área de valor medioambiental significativo a nivel mundial es la Gran Barrera de Coral (21). Una variedad de contaminantes industriales y agrícolas impactan en el arrecife, destacándose los fertilizantes para la caña de azúcar (22).

C. EXCESO DE NUTRIENTES Y CONTAMINACIÓN, IMPACTOS EN EL PAISAJE A ESCALA GLOBAL. Una de las amenazas más frecuentes y crecientes para la biodiversidad a nivel mundial es el cambio climático, y el sistema alimentario representa el 34% de las emisiones antrópicas de gases de efecto invernadero (23). Si bien el cambio de uso de la tierra y el metano del ganado constituyen la mayor parte de estas emisiones, las emisiones de gases de efecto invernadero que se originan en la producción de fertilizantes y la aplicación de fertilizantes y estiércol en el campo también juegan un papel importante. Las pérdidas de formas gaseosas de N de la aplicación de fertilizantes (inorgánicos y orgánicos) también contribuyen a la contaminación del aire (24), la deposición atmosférica de nitrógeno (25), el agotamiento de la capa de ozono en la estratosfera y la acumulación en el ozono troposférico (26), todos los cuales afectan negativamente a la biodiversidad a nivel mundial y local.

D. NUTRIENTES INSUFICIENTES, IMPACTOS LOCALES A GLOBALES. Las aplicaciones insuficientes de nutrientes provocan el agotamiento de los nutrientes del suelo y reducen la oportunidad de obtener mayores rendimientos de los cultivos, lo que a su vez puede fomentar el cultivo de mayores áreas. Debido a la necesidad de una mayor producción de alimentos, la expansión agrícola a menudo se ha realizado a expensas de los ecosistemas naturales, lo que ha provocado pérdidas de biodiversidad masivas y, a menudo, irreversibles y otras consecuencias ambientales. Esto ha llevado a un paradigma de conservación popular, pero aún controvertido, que sostiene que cerrar las brechas de rendimiento a través de la intensificación agrícola sostenible puede reducir la necesidad de convertir la tierra (27). Una premisa básica de tal "conservación de la tierra" es que, si se aumentan los rendimientos en las tierras agrícolas existentes, se libera la tierra para la conservación de la biodiversidad. Por el contrario, también puede haber un "efecto rebote", en el que el aumento de los rendimientos, la eficiencia y los beneficios atraen a más productores a un producto en particular, lo que aumenta el riesgo de conversión de la tierra (28).

Hay otros procesos que no se capturan completamente en la Figura 3, pero que también pueden afectar la biodiversidad de varias maneras. Por ejemplo, se pueden transferir grandes cantidades de nutrientes a nivel local (por ej., moviendo materiales orgánicos) o entre regiones (por ej., comercio de productos agrícolas), lo que da lugar a diversas respuestas de biodiversidad debido a los excedentes o déficits de nutrientes.

Existe una percepción generalizada de que la aplicación excesiva de fertilizantes tiene un efecto negativo sobre la biodiversidad. En general, la ciencia apoya esta perspectiva, pero la literatura también está dominada por informes que se centran en los impactos negativos de pocos elementos (por ejemplo, nitrógeno, fósforo). Muchos de los impactos directos e indirectos sobre la biodiversidad del manejo de elementos minerales en su conjunto aún no se conocen bien. Una visión más equilibrada es que las respuestas de la diversidad biológica son variables, según el nutriente, las dosis de aplicación, el sistema de cultivo, las especies, la escala a la que se produce la diversidad biológica, el clima y otros elementos que dependen del contexto. Por ejemplo:

- Una revisión de los impactos de la aplicación de fertilizantes nitrogenados en la biodiversidad del suelo encontró una respuesta muy variable entre los diferentes grupos de organismos (10). Por ejemplo, las bacterias mostraron un aumento del 3% en la diversidad y los hongos un aumento del 13% en la diversidad en los sistemas sujetos a la adición de fertilizantes nitrogenados. La diversidad funcional de los microbios también fue consistentemente mayor con las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados. Mientras tanto, los hongos micorrízicos arbusculares mostraron una disminución del 10% en la diversidad en todos los estudios, con disminuciones mayores con mayores aplicaciones de fertilizantes inorgánicos. Se observaron disminuciones similares para la fauna del suelo (por ejemplo, lombrices de tierra, escarabajos, colémbolos), pero solo fueron evidentes para los fertilizantes inorgánicos y no para orgánicos (por ejemplo, estiércol).
- Un meta-análisis reciente de 1679 casos de 207 estudios concluyó que las adiciones de nitrógeno y fósforo disminuyeron la abundancia de invertebrados en ecosistemas terrestres y acuáticos, con impactos más fuertes bajo adiciones combinadas de nitrógeno y fósforo, y en la abundancia de invertebrados tropicales que templados (29). Sin embargo, las adiciones de nutrientes tuvieron efectos más débiles o inconclusos sobre la biomasa y la riqueza de los invertebrados.
- Las respuestas de las plantas al uso de la tierra y el manejo de nutrientes a menudo apuntan hacia una influencia negativa de los fertilizantes en la diversidad de las plantas (17). Sin embargo, esto difiere según el nutriente y también hay muchas excepciones. La adición de nitrógeno a pastizales ricos en botánica y bajos en nutrientes, por ejemplo, a partir de fertilizantes o deposición atmosférica, tiene una influencia negativa sustancial en la riqueza de especies, pero ese efecto también puede ser reversible (30). Por otro lado, los pastizales severamente empobrecidos pueden tener una baja biodiversidad vegetal debido a la falta de nutrientes como el fósforo, que aumenta rápidamente hacia una meseta a medida que el fósforo del suelo se acumula a niveles óptimos (31).
- En muchas regiones, la intensificación agrícola tiene un impacto general negativo en muchas especies de aves. El fertilizante inorgánico per se no afecta directamente a las especies de aves de estos ambientes en las tierras de cultivo (32), pero puede contribuir indirectamente a la disminución debido a la degradación del hábitat y la reducción de los invertebrados de los que se alimentan las aves (Figura 1).

¿Cómo está afectando esto a los servicios ecosistémicos esenciales?

La biodiversidad impulsa una gran variedad de funciones ecológicas (33), que brindan servicios ecosistémicos que la humanidad obtiene gratuitamente de la naturaleza. La relación entre la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas puede ser compleja. Hay muchos casos en los que una mayor diversidad conduce a un aumento en la generación y prestación de servicios de los ecosistemas. Por ejemplo, la introducción de franjas de pastizales o plantas con flores en los sistemas de cultivo aumenta la cantidad de polinizadores y aves, y brinda beneficios en torno a la escorrentía de agua y la retención del suelo y los nutrientes (34). A veces, sin embargo, el aumento del número de especies no necesariamente se traduce en un aumento de funciones o servicios. En algunas comunidades del suelo, por ejemplo, la composición de la comunidad puede ser más importante para los servicios que el número de especies (35).

Los servicios de los ecosistemas impulsados por la biodiversidad son particularmente frecuentes en los sistemas agrícolas, donde los beneficios incluyen la polinización, el control de plagas y enfermedades, la aireación del suelo, el control de inundaciones y el ciclo de nutrientes. Esto es especialmente pertinente para millones de agricultores pobres en partes del mundo en desarrollo, donde la dependencia de los servicios de los ecosistemas suele ser alta (36).

Los principales servicios que brindan los ecosistemas varían en diferentes escalas espaciales. A escala de lote a finca, el servicio principal es la producción de alimentos junto con otros servicios, incluido el control de plagas y la formación de suelos. Más allá de la escala agrícola, los servicios incluyen hábitat para la biodiversidad silvestre, calidad del aire y del agua y polinización. En la mayor de las escalas, los servicios incluyen la regulación (o desestabilización) del clima. Cuando la disminución de la biodiversidad tiene connotaciones negativas para los servicios de los ecosistemas que son fundamentales para el bienestar humano, el desarrollo y la implementación de políticas e intervenciones adecuadas para abordarlos se vuelve primordial (37).

¿Cómo se abordan actualmente estos problemas?

Abordar la gestión de nutrientes y sus implicaciones en la diversidad biológica debe verse en el contexto de un conjunto mucho más amplio de estrategias para abordar la pérdida de diversidad biológica debida a todo el sistema alimentario. La optimización del manejo de nutrientes es vital, pero es solo una parte de un panorama mucho más amplio de los impactos de la producción de alimentos sobre la biodiversidad y las opciones de mitigación.

Estas cuestiones se expresan en compromisos globales de muy alto nivel como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU². El nexo entre alimentos y biodiversidad se describe a menudo como un conflicto entre el ODS 2 ("Hambre cero") y los ODS 14 ("Vida submarina") y 15 ("Vida en la tierra"). Sin embargo, la realidad de la gestión de nutrientes en la agricultura es más una interacción multidireccional entre varias metas de los ODS, donde algunos posibles beneficios para todos parecen factibles (por ejemplo, la Meta 2.4 de los ODS). Existen numerosas iniciativas globales e institucionales (por ejemplo, la Cumbre de sistemas alimentarios de las Naciones Unidas, el Foro EAT / Lancet³, FOLU⁴ o la Dieta basada en el planeta de WWF⁵) que buscan informar e involucrar a los responsables políticos, el público consumidor y los productores sobre cómo los sistemas alimentarios pueden volverse más sostenibles, conducir a mejores resultados en la nutrición y la salud humana, y revertir la pérdida de biodiversidad **(38)**.

En cuanto a las intervenciones de gestión, los científicos de la interfaz agricultura-alimentos-medio ambiente exigen que se utilicen acciones de manejo que a menudo se describen como "intensificación sostenible", "agricultura regenerativa" o "agricultura positiva para la naturaleza". Aunque las definiciones y las soluciones específicas varían ampliamente, generalmente tienen como objetivo generar una producción de alimentos suficiente, en las tierras existentes, con impactos ambientales reducidos **(39)**. Si bien no se limita a la gestión de nutrientes, existen muchas opciones para incluir intervenciones de manejo de nutrientes productivas, eficientes y compatibles con el medio ambiente bajo este paraguas de intensificación sostenible.

¿Cuáles son los obstáculos para progresar?

En el sentido más amplio, los cambios a gran escala en la gestión agrícola requieren la transformación del sistema alimentario mundial, que a su vez requiere una transformación más amplia de los sistemas económicos mundiales y regionales. Esto está mucho más allá del alcance de la gestión de nutrientes, pero debe reconocerse.

La conciliación de la gestión de nutrientes y la conservación de la biodiversidad se puede promover con frecuencia a escalas locales, pero existen desafíos con la comunicación y la adopción a escalas que tendrán beneficios significativos y duraderos para la biodiversidad. Estos incluyen la necesidad de capacitación en muchos enfoques de gestión "alternativos", los costos iniciales asociados con enfoques más positivos para la naturaleza, los insumos operativos y laborales necesarios para las intervenciones agroecológicas, o la falta de incentivos gubernamentales y de la industria para pasar a una gestión positiva para la naturaleza.

Un obstáculo importante radica en la necesidad de incentivos políticos que aborden los efectos externos de la gestión de nutrientes en la biodiversidad y que hagan que estas soluciones sean comercialmente viables y competitivas con los sistemas existentes para todos los actores de la cadena alimentaria, y los agricultores en particular. Este es un problema común en la búsqueda de sistemas alimentarios positivos para la naturaleza, y no se limita al manejo de nutrientes. Sin embargo, un número significativo de agricultores a nivel mundial parece que ya está llevando a cabo una serie de intervenciones de 'intensificación sostenible', con estimaciones de 163 millones de explotaciones (29% del total mundial), en 453 millones de ha (9% de las tierras agrícolas mundiales), que se encuentran intensificando sosteniblemente de alguna manera en la actualidad **(40)**.

¿Cuáles son las brechas críticas de conocimiento?

Si bien ya tenemos una gran cantidad de información relacionada con la gestión sostenible de nutrientes y cómo conservar mejor la biodiversidad, también existen muchos vacíos de conocimiento que, si se llenan, ayudarían a acelerar cambios efectivos y a implementar estrategias de gestión innovadoras. Éstos incluyen:

- ¿Qué papel específico juegan los fertilizantes en la preservación de la tierra para la conservación en regiones y paisajes específicos?
- ¿Cómo afectan los diferentes elementos minerales utilizados en los sistemas agrícolas a la biodiversidad, positiva o negativamente?
- ¿Cuáles son los niveles "correctos" de materia orgánica del suelo y biodiversidad microbiana para el funcionamiento óptimo de los diferentes sistemas agrícolas, y cómo pueden lograrse y mantenerse mediante buenas prácticas de gestión de nutrientes?
- ¿Cómo se pueden incluir los objetivos de biodiversidad en las recomendaciones de fertilizantes y los esquemas de administración de nutrientes?
- ¿Cuáles son las barreras socioecológicas, económicas y psicológicas para que los agricultores adopten prácticas de manejo de nutrientes amigables con la biodiversidad? ¿Cómo pueden la evidencia, los incentivos y las nuevas tecnologías ayudar a superarlos?
- ¿Cuáles son las oportunidades específicas para una gestión de nutrientes productiva y positiva para la naturaleza en los cientos de millones de pequeñas explotaciones agrícolas en todo el mundo, y cuáles son las implicaciones de la fusión de las explotaciones agrícolas en explotaciones más grandes para el uso de nutrientes y la biodiversidad?

2. <https://sdgs.un.org/goals>

3. <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/>

4. <https://www.foodandlandusecoalition.org/>

5. <https://planetbaseddiets.panda.org/>

¿QUÉ PODEMOS HACER?

Optimizar la gestión de nutrientes para minimizar los efectos negativos sobre la biodiversidad es un componente integral del nuevo paradigma de nutrición vegetal responsable, que busca lograr un óptimo social a través de un enfoque de sistemas alimentarios y economía circular (41). Muchas de las intervenciones y enfoques sugeridos para la gestión de nutrientes dependerán en gran medida de la escala y la velocidad de la transformación del sistema alimentario en las diferentes regiones del mundo. Tal es la variabilidad de los sistemas agrícolas, las estrategias de gestión de nutrientes y las respuestas de la diversidad biológica, que no existen soluciones "milagrosas" para abordar las pérdidas de diversidad biológica; pero hay muchas opciones que, cuando se integran, podrían tener resultados positivos, tanto para la conservación de la biodiversidad como para la producción de alimentos (Caja 1).

CAJA 1. Una selección de intervenciones directa e indirectamente relacionadas con la gestión de nutrientes que pueden utilizarse para mitigar posibles impactos negativos y mantener o mejorar la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas.

- Mejor planificación del uso de la tierra, evitando la agricultura en áreas con alto valor de biodiversidad y deteniendo cualquier expansión de la superficie agrícola.
- Cerrar las brechas de rendimientos globales con el objetivo de producir suficiente alimento para la población.
- Restaurar tierras agrícolas degradadas y mejorar la salud del suelo promoviendo sus funcionalidades a través de un manejo integral de la fertilidad
- Aumentar la diversidad agrícola e integrar enfoques para la gestión de nutrientes (por ejemplo, fertilizantes minerales en combinación con fertilizantes orgánicos disponibles, rotaciones de cultivos, cultivos intercalados, sistemas de cultivo y ganaderos con ciclos de nutrientes cerrados, integración de forestales y leguminosas)
- Evitar pérdidas de nutrientes del sistema adoptando enfoques de agricultura de precisión para administrar los nutrientes a gran escala, entre estos se incluyen el tipo de fertilizante, las dosis, el momento y la ubicación correspondientes a las características del suelo y los requisitos de los cultivos y los productores.
- Establecer zonas de amortiguación o *Buffer* en las inmediaciones de áreas ambientalmente sensibles como cursos de agua.
- Fijar metas específicas en cuanto a la eficiencia en el uso así como límites a los excesos de nutrientes, incluido un mejor monitoreo y sistemas de alerta temprana.
- Establecer políticas basadas en la evidencia, incentivos financieros y mecanismos de divulgación para permitir que tanto productores como empresas realicen una transición a enfoques más sostenibles que optimicen el uso de recursos, incluidos los fertilizantes, y así el cuidado de la biodiversidad.

Incorporación de la gestión de nutrientes en los objetivos y metas de acción de la diversidad biológica mundial

Las complejas interacciones entre la producción de alimentos y la biodiversidad son un tema cada vez más candente, con una fuerte representación en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU y en la próxima Cumbre de Sistemas Alimentarios de la ONU⁶. También están representados en los objetivos globales de biodiversidad del Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (CDB). Los objetivos globales y las hojas de ruta de desarrollo son una forma de reconocer la importancia de un problema, resumir lo que se debe lograr y consagrarlo en un lenguaje y protocolo universalmente aceptados, y así proporcionar un mandato claro para políticas y acciones a mayor escala para lograr los objetivos. Es vital que, al desarrollar objetivos, metas e indicadores para la gestión de nutrientes, se tengan en cuenta y estén bien representadas una serie de cuestiones y matices:

- (i) desagregar los impactos de la aplicación de nutrientes sobre la biodiversidad de otros efectos de la intensificación agrícola y otras formas de "contaminación", como los plaguicidas y los desechos plásticos, ya que operan de manera muy diferente;
- (ii) considerar que el manejo de nutrientes trae enormes beneficios para la seguridad alimentaria y nutricional y tiene el potencial de reducir la expansión agrícola a través del aumento del rendimiento;
- (iii) reconocer que, si bien puede ser necesario reducir los aportes de nutrientes en algunas partes del mundo, existe una necesidad urgente de aumentar su uso en otras: se debe hacer hincapié en optimizar el uso de fertilizantes y la eficiencia del uso de nutrientes en su conjunto;
- (iv) establecer metas que sean específicas del contexto, centradas en los resultados, procesables, factibles y medibles, incluida la consideración de las posibles implicaciones indirectas (por ejemplo, los impactos en la seguridad alimentaria).

En las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica 2010 del CDB⁷, la gestión de nutrientes se incluyó en la Meta 8: "Hacia 2020, la contaminación, incluso por exceso de nutrientes, se ha llevado a niveles que no son perjudiciales para la función del ecosistema y la diversidad biológica". Aunque este es un objetivo centrado en los resultados, carece de muchos de los otros requisitos mencionados anteriormente y no se ha logrado. De hecho, casi 2/3 de todos los países ni siquiera han informado sobre este objetivo, y solo unos pocos afirman haberlo cumplido.⁸

6. <https://www.un.org/en/food-systems-summit>

7. <https://www.cbd.int/sp/targets/>

8. <https://www.cbd.int/aichi-targets/target/8>

El Marco Mundial para la Diversidad Biológica posterior a 2020 que se debate actualmente, incluye 21 metas para la acción urgente durante la década hasta 2030.⁹ Los nutrientes están representados principalmente por la Meta 7, propuesta como: “Reducir la contaminación de todas las fuentes a niveles que no sean perjudiciales para la diversidad biológica y las funciones de los ecosistemas y la salud humana, incluso reduciendo la pérdida de nutrientes al medio ambiente al menos a la mitad, y los pesticidas al menos en dos tercios y eliminando la descarga de desechos plásticos”. Sin embargo, tal como está redactada, la propuesta actual no aborda adecuadamente los nutrientes y sus múltiples efectos sobre la diversidad biológica. Asimismo, reducir a la mitad la cantidad de nutrientes perdidos en el medio ambiente para 2030 es una expectativa muy ambiciosa.¹⁰

Abogamos por un enfoque más equilibrado y matizado para desarrollar metas y objetivos en torno al manejo de nutrientes, centrándonos en objetivos que cumplan con los cuatro requisitos establecidos anteriormente. Dichos objetivos deben apuntar a optimizar la eficiencia del uso de nutrientes y minimizar las pérdidas de nutrientes al medio ambiente en los lugares y escalas que más afectan la biodiversidad. Un ejemplo de esto son los rangos objetivo seguros específicos que se pueden definir para la eficiencia del uso de nitrógeno (EUN), calculados como la relación entre la producción de nutrientes y las entradas de nutrientes. Un ejemplo de esto es el indicador EUN propuesto por el Panel Europeo de Expertos en Nitrógeno (42). Este indicador orienta el manejo de nutrientes en la finca hacia la reducción de la lixiviación de nitratos, la escorrentía, las emisiones de amoníaco y N₂O mientras se logran altos niveles de productividad y se mantiene la salud del suelo, abordando así varios impactos clave en la biodiversidad (Figura 3). Nueva Zelanda ya ha promulgado una aproximación de este enfoque como una colaboración entre el gobierno y la industria de fertilizantes, en el que se utilizan modelos informáticos a escala nacional de los flujos de nutrientes del paisaje para respaldar el desarrollo de balances de nutrientes e insumos de fertilizantes en términos de lugar, dosis y momento correctos.¹¹

Se debe hacer hincapié en evitar la conversión y la eutrofización de los ecosistemas como quizás los impactos más importantes de los nutrientes en la biodiversidad. La eutrofización de aguas continentales y marinas debido a pérdidas excesivas de nitrógeno y fósforo representa un desafío particularmente complejo. Es causada por cargas excesivas de nutrientes de múltiples fuentes dentro de las cuencas hidrográficas y las zonas costeras. Las fuentes principales incluyen: (i) uso de fertilizantes en la agricultura, (ii) emisiones por combustión de combustibles fósiles, (iii) agricultura de leguminosas, (iv) cría de animales, (v) aguas residuales tratadas inadecuadamente y (vi) acuicultura. Los insumos de fuentes no puntuales (difusas) (i-iv) superan con creces los insumos de fuentes puntuales (v y vi) y se asocian principalmente con prácticas agrícolas tales como sistemas de cultivo, labranza del suelo y el uso de fertilizantes y estiércol (19, 20, 43). Mitigar las cargas de nutrientes en las grandes cuencas hidrográficas requiere consenso, objetivos concretos, intervenciones de múltiples partes interesadas y un seguimiento eficaz. Ya existen buenos ejemplos en diferentes regiones del mundo, que pueden proporcionar una guía para enmarcar tales objetivos e intervenciones (Caja 2).

CAJA 2. La Gran Barrera de Coral de Australia es famosa por su importancia ecológica, belleza natural y contribución al sector turístico y al PBI de Australia, pero también se encuentra bajo una amenaza cada vez mayor dada por la escorrentía terrestre asociada con insumos agrícolas del pasado y del presente, así como la gestión de cuencas y desarrollo de zonas costeras, eventos climáticos extremos e impactos del cambio climático, como los recientes eventos masivos de blanqueamiento de corales. En 2017, una declaración de consenso científico¹² proporcionó el entendimiento común para desarrollar un plan de mejora de la calidad del agua Reef 2050. Las partes interesadas acordaron objetivos concretos para 2025, es decir, acciones necesarias en las cuencas de captación de arrecifes identificadas, así como objetivos para mejorar la condición de los humedales y la salud marina

costera. A través de este enfoque, fue posible definir objetivos específicos para la reducción de la carga de nutrientes y lograr un progreso significativo hacia el cumplimiento de los objetivos, por ejemplo.¹³

- Reducción del 60% en las cargas de N inorgánico disuelto al final de la cuenca para 2025; logrado hasta ahora: 25,5%
- Reducción del 20% en las cargas de N de partículas al final de la cuenca de captación para 2025; logrado hasta ahora: 13,4%
- Reducción del 20% en las cargas de partículas de P al final de la cuenca de captación para 2025; logrado hasta ahora: 16,6%

9. <https://www.cbd.int/doc/c/d605/21e2/2110159110d84290e1afca98/wg2020-03-03-en.pdf>

10. Suponiendo que el progreso pueda acelerarse mediante mejores políticas, tecnologías y prácticas, un objetivo más realista podría ser un aumento del 20% en la EUN de las tierras de cultivo en 2030 en relación con 2020, con una reducción equivalente en el excedente y las pérdidas de nitrógeno. Estos aumentos se pueden lograr en diversas condiciones agrícolas.

11. <https://www.overseer.org.nz/>

12. <https://www.reefplan.qld.gov.au/science-and-research/the-scientific-consensus-statement>

13. <https://reportcard.reefplan.qld.gov.au/>

Mejorar la planificación del desarrollo agrícola

Otro enfoque clave es abordar de manera más sistemática las interacciones entre los nutrientes y la biodiversidad en términos de uso de la tierra, particularmente la coincidencia espacial de la agricultura y las áreas de alta biodiversidad. La identificación de las áreas de superposición espacial permitirá la concentración de los esfuerzos de conservación y gestión de nutrientes en relación con el desarrollo agrícola a gran escala. Existe una gran preocupación con respecto a la posible influencia de la expansión e intensificación agrícola proyectada en el futuro en los puntos críticos de biodiversidad en América Central y del Sur, África subsahariana, Madagascar, Australia oriental, Asia sudoriental, India, Indonesia y Papua Nueva Guinea (44). Los procesos de planificación territorial efectivos y bien ejecutados son vitales (45) en regiones tropicales y subtropicales donde la conversión de ecosistemas naturales tendrá un impacto desproporcionadamente alto en la biodiversidad porque tanto la riqueza de especies como el endemismo son muy altos.

Adicionalmente, estos puntos críticos son a menudo áreas donde hay grandes brechas de rendimiento. Existen claras oportunidades para utilizar la intensificación y reducir así la expansión de las tierras de cultivo en áreas críticas de biodiversidad (46) (Figura 4).

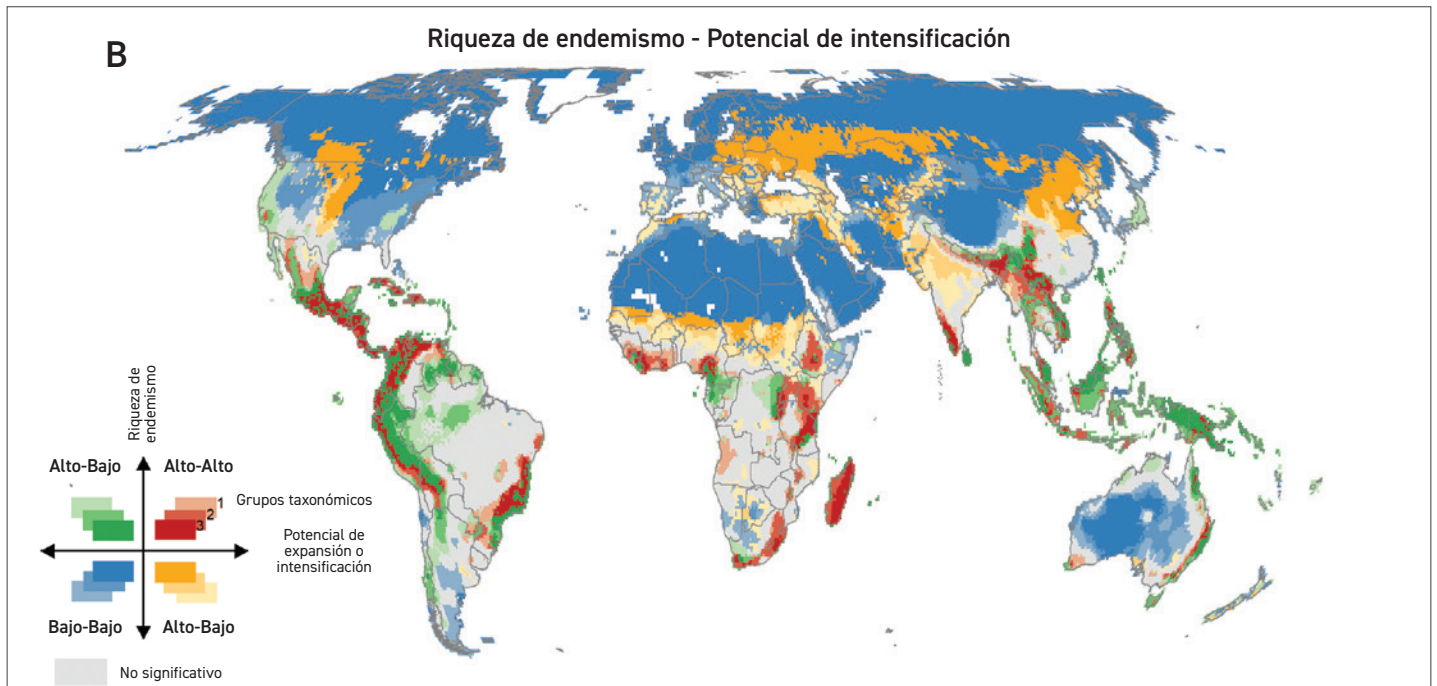


Figura 4. Evitando las "zonas rojas": la expansión de las tierras de cultivo y la intensificación deben ser mínimas en las regiones con alta riqueza de endemismo (44). Las áreas de alta biodiversidad y alto potencial de intensificación incluyen los "10" países con mayor biodiversidad del planeta, Brasil, Colombia, Indonesia, China, México, Perú, Australia, India, Ecuador y Venezuela.

Incluso con una planificación mucho mejor del desarrollo agrícola en relación con los puntos críticos de biodiversidad, la intensificación ocurrirá inevitablemente en áreas de alta biodiversidad de manera frecuente, lo que requerirá una legislación ambiental sólida y la aplicación de la administración de nutrientes. Otro mecanismo para proteger áreas específicas de ecosistemas y hábitats de una inevitable intensificación es retener o instalar zonas de amortiguamiento de vegetación entre las tierras agrícolas y los ecosistemas naturales. Esta puede ser una forma muy eficaz de a) reducir la deriva de fertilizantes (y otros agroquímicos) de las tierras arables, b) interceptar la escorrentía de las tierras de cultivo y pastizales, y c) proporcionar muchos otros servicios ecosistémicos, como hábitat de biodiversidad, recursos polinizadores, hábitat enemigo, conectividad para especies animales, control de inundaciones y secuestro de carbono (47). Debido a la complejidad de los factores que influyen en la efectividad de la zona de amortiguamiento en cualquier contexto de paisaje dado, es poco probable que un enfoque de "talla única" para las zonas de amortiguamiento sea útil, y se requieren pautas y adaptaciones específicas del contexto, en lugar de enfoques genéricos.

Integrando la biodiversidad en el manejo de nutrientes

El manejo de nutrientes de los 4 Requisitos (4R) (48) y enfoques similares, se han desarrollado y promovido en diferentes partes del mundo como un conjunto de pautas de manejo de nutrientes que buscan ser más eficientes y específicos del sitio sobre que forma y cómo, cuándo, dónde, etc. se aplican nutrientes. Los 4Rs brindan una situación de sinergismo entre mayor productividad y eficiencia agronómica combinada con una disminución de las respuestas ambientales negativas, a través de una menor lixiviación en aguas subterráneas, escorrentía en cuerpos de agua, deriva en ecosistemas cercanos, etc.

Cada uno de los 4R (fuente correcta, dosis correcta, momento correcto, y lugar correcto) tiene implicaciones para la biodiversidad y puede tener elementos de la biodiversidad dentro y fuera del sitio incorporados en ellas. Este enfoque estaría respaldado por dos perspectivas sobre la diversidad biológica: (i) es probable que los aportes de nutrientes inadecuados (y especialmente excesivos) tengan efectos negativos sobre la diversidad biológica tanto en el punto de aplicación como fuera del sitio (Figura 3); (ii) la biodiversidad se puede aprovechar para proporcionar beneficios que pueden trabajar en conjunto con la gestión de nutrientes para aumentar tanto la productividad como la biodiversidad misma. Algunos ejemplos de cómo las respuestas a la diversidad biológica podrían integrarse en los 4R existentes incluyen:

Fuente correcta: necesitamos una mejor comprensión de los efectos de tipos específicos de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en diversas facetas de la biodiversidad (por ejemplo, riqueza de especies del suelo, distribución, composición de la comunidad) y cómo esto se relaciona con la prestación de servicios ecosistémicos. En particular, una comprensión clara de que fuentes de nutrientes son menos dañinas para la biodiversidad, y la inclusión de esto en las estrategias de manejo basadas en evidencia, ayudaría a conservar la biodiversidad sin comprometer la producción. También es fundamental comprender mejor los cambios netos en la biodiversidad a través de las escalas, ya que es probable que existan compensaciones entre el campo, el establecimiento, el paisaje y escalas más grandes que deben tenerse en cuenta.

Dosis correcta: en la actualidad, las recomendaciones de fertilizantes se orientan principalmente hacia cantidades de nutrientes óptimas desde el punto de vista agronómico o económico. La biodiversidad parece disminuir más a niveles más altos de aplicación de nutrientes. Por lo tanto, un nuevo enfoque podría apuntar a desarrollar los conocimientos técnicos para determinar los niveles de aplicación que satisfagan las necesidades combinadas de respuesta de los cultivos y la biodiversidad. Esto también sería vital para establecer umbrales y objetivos de manejo de nutrientes sensibles y mutuamente beneficiosos en varios sistemas agrícolas.

Momento adecuado: comprender cómo el momento de aplicación se relaciona con varios aspectos de la biodiversidad en el tiempo y el espacio (por ejemplo, ciclos de vida, distribución, disponibilidad de alimentos, reproducción) ayudará a informar las prácticas de mitigación que se pueden emprender con respecto a cómo las aplicaciones de nutrientes afectan a varios elementos de la biodiversidad en escalas de campo a paisaje.

Lugar correcto: Evitar la aplicación excesiva en la proximidad inmediata de características específicas del hábitat en el establecimiento y en el lote ayudaría a reducir los impactos negativos y es posible que no afecte el rendimiento de los cultivos. Estos podrían incluir márgenes de campo botánicamente diversos, setos, estanques, zanjas, ríos / arroyos / arroyos, árboles de potrero (especies nativas), restos de vegetación leñosa o pastizales ricos en especies.

Desarrollar una lista sistemática de prácticas de manejo de nutrientes que beneficien a la biodiversidad ayudaría a diseñar hojas de ruta de gestión de nutrientes que reduzcan la aplicación excesiva de fertilizantes, mejoren o mantengan la productividad y los rendimientos, y brinden múltiples beneficios a la biodiversidad en los establecimientos productivos.

Intensificación sostenible de los sistemas agrícolas

La intensificación sostenible de la agricultura encarna la idea general de que las mejoras en la productividad total de los factores¹⁴ permitirán simultáneamente aumentar la producción de alimentos y los ingresos de los agricultores en el futuro, al tiempo que se limita el impacto de la agricultura en el medio ambiente. Este nivel óptimo de intensificación se puede alcanzar utilizando una medida como la productividad total de los factores "verdes", o la productividad total de los recursos, que también tiene en cuenta el clima, los suelos y la biodiversidad (49).

Más allá de los 4R y un manejo más preciso de fertilizantes minerales y orgánicos, las acciones propuestas que podrían apoyar el crecimiento de la PTF verde a menudo incluyen leguminosas fijadoras de nitrógeno como parte de rotaciones o cultivos intercalados, integración del ganado y su estiércol en los sistemas de cultivo, compostaje con residuos de cultivos y desechos de alimentos, abonos verdes, diversificación con leguminosas de grano, agricultura de conservación o plantación de árboles y arbustos leguminosos como parte de los aspectos de producción o gestión de recursos naturales del sistema agrícola.

Por ejemplo, las rotaciones de leguminosas y los cultivos intercalados pueden tener implicancias positivas sobre el nitrógeno del suelo y los rendimientos (50) y aumentar la materia orgánica del suelo. Dichas intervenciones de gestión también pueden tener beneficios para una variedad de biodiversidad, como microbios, polinizadores como las abejas y otros invertebrados como las avispas parásitas, todos los cuales pueden tener efectos positivos en la producción mediante la provisión de una variedad de servicios ecosistémicos.

Ya existen excelentes fuentes de información científica resumida sobre acciones de gestión agrícola sostenible potencialmente efectivas que pueden tener beneficios para la biodiversidad (51). Sin embargo, dependiendo del contexto agrícola, estos varían en su efectividad, facilidad de implementación y escalabilidad. Es probable que muchos requieran más mano de obra y dependan del apoyo brindado a los agricultores para su implementación. Otros desafíos se relacionan con la infraestructura y el equipo necesarios, la capacitación para los agricultores, la competitividad económica y cómo monitorear la efectividad en múltiples objetivos (por ejemplo, rendimientos, eficiencia de insumos, impactos ambientales en el sitio y fuera del sitio) y ajustar la gestión en consecuencia (52).

Claramente, la intensificación sostenible (o agricultura regenerativa, o agricultura positiva para la naturaleza, para el caso), incluida la optimización del uso de fertilizantes, puede y debe ocurrir a diferentes escalas:

- La escala del lote y el establecimiento, por ejemplo, la aplicación cuando y donde sea necesario, en las formas, cantidades y frecuencia requeridas por los cultivos y las condiciones, utilizando un enfoque de estilo 4R, que incluye medidas que conservan y aprovechan la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas;

14. La productividad total de los factores (PTF) es una medida de todos los productos sobre los insumos involucrados en el sector agrícola o un subsector del mismo. El crecimiento de la PTF refleja un uso más eficiente de los recursos a partir del conocimiento y la gestión.

- A escala de paisaje, la producción debe realizarse generalmente en las formas y tipos de suelo más productivos. Sin embargo, esto debe equilibrarse con la importancia de conservar un conjunto integral y representativo de ecosistemas, no solo aquellos ecosistemas que no coinciden con áreas aptas para la agricultura u otros usos. La planificación del uso de la tierra y el establecimiento de políticas más eficaces y matizados ayudarán en este esfuerzo;
- La racionalización regional y global de la producción y el uso de fertilizantes (por ejemplo, reducción en áreas donde las brechas de rendimiento son bajas o inexistentes, aumento en regiones con brechas de rendimiento altas) ayudará a abordar las respuestas de la biodiversidad a múltiples escalas, incluida la contaminación fuera del sitio y la expansión agrícola descontrolada.

¿QUIÉN NECESITA HACER QUÉ?

La gama de partes interesadas influyentes en el sistema alimentario es amplia y es probable que varíe considerablemente en términos de esfera de influencia y lo que se debe hacer para avanzar hacia una gestión de nutrientes optimizada y positiva para la naturaleza. Los principales grupos de partes interesadas que realmente pueden marcar la diferencia en esta área y las áreas prioritarias de intervención incluyen:

Los responsables de la formulación de políticas deben utilizar la mejor ciencia disponible, entablar un diálogo y obtener la opinión experta de los agricultores, la industria de fertilizantes y los profesionales de la conservación, para desarrollar y ofrecer políticas mejoradas en las áreas de a) planificación mejorada del uso de la tierra y reglamentación, b) incentivos para asegurar que no ocurra una mayor conversión de la tierra, especialmente en áreas de alta biodiversidad, y c) metas y umbrales de manejo de nutrientes realistas y regionalmente aplicables y factibles que logren un equilibrio entre las necesidades duales de producción y conservación. Además, será esencial trabajar con la industria de fertilizantes y los distribuidores para garantizar que los insumos estén disponibles de manera equitativa y se distribuyan adecuadamente en las regiones del mundo con grandes brechas de rendimiento.

La industria mundial de fertilizantes debería trabajar con los científicos de la conservación para desarrollar y promover productos fertilizantes que conserven sus capacidades de aumento de la productividad, pero que sean más benignos en las muchas facetas de la biodiversidad que se ven afectadas negativamente por la aplicación de fertilizantes. La industria también hará esfuerzos importantes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción de fertilizantes. La inversión en la gestión de nutrientes y los enfoques de agricultura de precisión para una gestión de nutrientes más sostenible y la incorporación de la biodiversidad en las estrategias corporativas de sostenibilidad y las medidas de éxito también son vitales.

Las organizaciones de conservación tienen un papel muy importante que desempeñar, trabajando con otras partes interesadas para a) establecer dónde los altos niveles de uso de nutrientes pueden conducir a impactos desproporcionados sobre la biodiversidad, b) informar dónde la expansión agrícola impulsada por la brecha de rendimiento es un riesgo, c) proporcionar información espacialmente explícita sobre áreas de alta biodiversidad y alta vulnerabilidad a otras partes interesadas, d) trabajar con la industria, los agricultores y los órganos asesores agrícolas para desarrollar mejores opciones de gestión, y e) trabajar con los gobiernos y la industria para desarrollar incentivos y políticas para ayudar a los agricultores a implementar una gestión de nutrientes optimizada y más sostenible.

Los agricultores, los asesores agrícolas y los proveedores de servicios deben adoptar un papel más centrado en ser administradores de los recursos naturales (incluida, entre otros, la biodiversidad) y proporcionar una gama más amplia de beneficios que van más allá de la producción agrícola directa. El uso del enfoque de los 4R, la incorporación de elementos de la biodiversidad en esto, la realización de acciones de conservación de la biodiversidad en el establecimiento (por ejemplo, zonas de amortiguamiento, con el apoyo del gobierno y la industria) y la adopción generalizada de enfoques de intensificación sostenible cuando sea posible, son ejemplos destacados de los roles a desempeñar. Esto requerirá un apoyo e incentivos considerables de los gobiernos, la asistencia de múltiples organismos de la industria y el desarrollo de capacidades de una red de extensión local y científicamente informada.

Los consumidores pueden ayudar comprando alimentos producidos utilizando enfoques de gestión más sostenibles cuando dichos productos y la información de etiquetado estén disponibles y sean confiables. Esto debe ser generado y apoyado por los gobiernos, toda la industria alimentaria, los productores y las organizaciones de conservación. Los cambios a un esquema de acreditación y etiquetado de manejo de nutrientes 'positivo para la naturaleza', similar a los utilizados por *Rainforest Alliance* y las plataformas de varios cultivos básicos (por ejemplo, aceite de palma, arroz) serían bienvenidos siempre que se presenten con precisión y los beneficios sean tangibles y medibles.

Los investigadores en las áreas de biología de la conservación, agronomía, gobernanza, tecnología agrícola y muchas otras áreas pueden hacer una gran contribución para llenar las muchas lagunas de conocimiento en torno al manejo de nutrientes y la biodiversidad. Se necesitan con urgencia científicos sociales para ayudar a comprender las barreras socioeconómicas y de comportamiento para adoptar prácticas de gestión de nutrientes favorables a la biodiversidad. Además, es fundamental garantizar que el conocimiento científico generado sea utilizado por quienes tienen el poder de realizar cambios positivos, como los gobiernos, la industria de fertilizantes, las organizaciones de conservación y los productores y extensionistas.

Sobre todo, debe haber un enfoque equilibrado que tenga en cuenta tanto la necesidad del manejo de fertilizantes como los grandes beneficios que esto trae en términos de seguridad alimentaria y nutricional (y reducción potencial de la conversión de ecosistemas), y el indudable daño ambiental que puede causar el uso inadecuado. Esta es la razón por la que el uso de la palabra "óptimo" no es solo semántico, sino que debe ser operacional en todas las escalas, a través de todos los aspectos de la producción y por todas las partes interesadas. Lo que se necesita inicialmente es una mejor comprensión y apreciación tanto de los beneficios como de los problemas de la aplicación de fertilizantes por todas las partes interesadas, en particular las de los ámbitos de la producción y la conservación. Si el sector de la conservación y el sector de la producción pueden comenzar a avanzar hacia una optimización de la gestión de nutrientes específica del contexto, entonces se puede crear un entorno más propicio para un cambio positivo y duradero.

¿CÓMO SERÍA EL ÉXITO?

¿Qué aspecto tiene un cambio positivo y duradero? A corto plazo, garantizar que la gestión de nutrientes este adecuadamente representada en los objetivos globales, como las nuevas Metas del CDB, es un buen primer paso. En comparación con el lugar donde nos encontramos hoy, los resultados prioritarios que deben lograrse dentro de una generación humana incluyen:

- La producción de alimentos cumple con múltiples objetivos; la gestión de nutrientes se optimiza para cerrar las brechas de rendimiento y eficiencia, proporcionar una mejor nutrición y cumplir los objetivos de biodiversidad a diferentes escalas;
- No se necesita más conversión de ecosistemas naturales; los puntos críticos de biodiversidad se gestionan mediante una planificación mejorada del uso de la tierra, incluida una legislación proactiva e incentivos;
- Los requisitos de biodiversidad están incluidos en soluciones de gestión de nutrientes que son escalables y adaptables a diferentes sistemas agrícolas;
- Mejoras demostrables en la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas dentro y fuera del establecimiento asociados con el uso de nutrientes en la agricultura (por ejemplo, salud del suelo, salud de los ríos, salud de los océanos);
- La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero antes y durante la explotación agrícola asociadas con la producción y el uso de fertilizantes contribuyen a mitigar los impactos del cambio climático global en la biodiversidad;
- Las brechas críticas de conocimiento se responden a través de la investigación, y la evidencia se ha incorporado a la acción legislativa que aborda objetivamente los objetivos de la agricultura y la biodiversidad.

Un mayor diálogo entre los fabricantes de fertilizantes y los científicos y profesionales de la conservación revelará puntos en común y puntos de controversia que requieren resolución. Involucrar a las comunidades agrícolas, desde los pequeños agricultores hasta las grandes empresas agrícolas, y todos los puntos intermedios, es fundamental, ya que son los usuarios finales. Es necesario mejorar la política y la legislación en muchos aspectos de la gestión de nutrientes, así como incentivos para fomentar las mejores prácticas. Y, por supuesto, es necesario realizar una investigación específica que determine cuales son las mejores prácticas. La industria de los fertilizantes ya se ha comprometido con un enfoque empresarial impulsado por la sostenibilidad. Esto ahora también requerirá una mayor interacción y colaboración con las partes interesadas centradas en la diversidad biológica.

REFERENCIAS

1. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Diaz, H. Ngo, Eds., *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (IPBES, Bonn, Germany, 2019).
2. G. Ceballos *et al.*, Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances*. **1**, e1400253 (2015), doi:10.1126/sciadv.1400253.
3. S. L. Maxwell, R. A. Fuller, T. M. Brooks, J. E. M. Watson, Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature*. **536**, 143–145 (2016), doi:10.1038/536143a.
4. B. M. Campbell *et al.*, Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*. **22** (2017), doi:10.5751/ES-09595-220408.
5. WWF, *Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss* (World Wildlife Fund, Gland, Switzerland, 2020).
6. H. Liu *et al.*, Production of global daily seamless data cubes and quantification of global land cover change from 1985 to 2020 - iMap World 1.0. *Remote Sens. Environ.* **258**, 112364 (2021), doi:10.1016/j.rse.2021.112364.
7. H. L. Wright, I. R. Lake, P. M. Dolman, Agriculture—a key element for conservation in the developing world. *Conservation Letters*. **5**, 11–19 (2012), doi:10.1111/j.1755-263X.2011.00208.x.
8. S. J. Attwood *et al.*, Declining birds in Australian agricultural landscapes may benefit from aspects of the European agri-environment model. *Biological Conservation*. **142**, 1981–1991 (2009), doi:10.1016/j.biocon.2009.04.008.
9. B. J. Cardinale *et al.*, Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*. **486**, 59–67 (2012), doi:10.1038/nature11148.
10. M.-A. de Graaff, N. Hornslein, H. L. Throop, P. Kardol, L. T. van Diepen, Effects of agricultural intensification on soil biodiversity and implications for ecosystem functioning: A meta-analysis. *Agronomy*. **155**, 1–44, doi:10.1016/bs.agron.2019.01.001.
11. J. Waterhouse, J. Brodie, S. Lewis, A. Mitchell, Quantifying the sources of pollutants in the Great Barrier Reef catchments and the relative risk to reef ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*. **65**, 394–406 (2012), doi:10.1016/j.marpolbul.2011.09.031.
12. K. M. Carlson *et al.*, Greenhouse gas emissions intensity of global croplands. *Nat. Clim. Chang.* **7**, 63–68 (2017), doi:10.1038/nclimate3158.
13. H. F. M. ten Berge *et al.*, Maize crop nutrient input requirements for food security in sub-Saharan Africa. *Global Food Security*. **23**, 9–21 (2019).
14. M. P. van Loon *et al.*, Impacts of intensifying or expanding cereal cropping in sub-Saharan Africa on greenhouse gas emissions and food security. *Global Change Biol.* **25**, 3720–3730 (2019), doi:10.1111/gcb.14783.
15. J. R. Stevenson, N. Villoria, D. Byerlee, T. Kelley, M. Maredia, Green Revolution research saved an estimated 18 to 27 million hectares from being brought into agricultural production. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **110**, 8363–8368 (2013), doi:10.1073/pnas.1208065110.
16. E. F. Lambin *et al.*, Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. *Global Environmental Change*. **28**, 129–140 (2014), doi:10.1016/j.gloenvcha.2014.06.007.
17. K. Gerstner, C. F. Dormann, A. Stein, A. M. Manceur, R. Seppelt, Effects of land use on plant diversity - A global meta-analysis. *J Appl Ecol.* **51**, 1690–1700 (2014), doi:10.1111/1365-2664.12329.
18. B. Gove, S. A. Power, G. P. Buckley, J. Ghazoul, Effects of herbicide spray drift and fertilizer overspread on selected species of woodland ground flora: comparison between short-term and long-term impact assessments and field surveys. *J Appl Ecol.* **44**, 374–384 (2007), doi:10.1111/j.1365-2664.2007.01261.x.
19. T. C. Malone, A. Newton, The globalization of cultural eutrophication in the coastal ocean: causes and consequences. *Front. Mar. Sci.* **7** (2020), doi:10.3389/fmars.2020.00670.
20. M. Le Moal *et al.*, Eutrophication: A new wine in an old bottle? *Science of The Total Environment*. **651**, 1–11 (2019), doi:10.1016/j.scitotenv.2018.09.139.
21. F. J. Kroon, P. Thorburn, B. Schaffelke, S. Whitten, Towards protecting the Great Barrier Reef from land-based pollution. *Global Change Biol.* **22**, 1985–2002 (2016), doi:10.1111/gcb.13262.
22. J. E. Brodie *et al.*, Terrestrial pollutant runoff to the Great Barrier Reef: An update of issues, priorities and management responses. *Marine Pollution Bulletin*. **65**, 81–100 (2012), doi:10.1016/j.marpolbul.2011.12.012.
23. M. Crippa *et al.*, Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nat Food*. **2**, 198–209 (2021), doi:10.1038/s43016-021-00225-9.
24. S. E. Bauer, K. Tsigaridis, R. Miller, Significant atmospheric aerosol pollution caused by world food cultivation. *Geophys. Res. Lett.* **43**, 5394–5400 (2016), doi:10.1002/2016GL068354.
25. G. S. Okin *et al.*, Impacts of atmospheric nutrient deposition on marine productivity: Roles of nitrogen, phosphorus, and iron. *Global Biogeochem. Cycles*. **25**, n/a–n/a (2011), doi:10.1029/2010GB003858.
26. J. Fuhrer *et al.*, Current and future ozone risks to global terrestrial biodiversity and ecosystem processes. *Ecology and Evolution*. **6**, 8785–8799 (2016), doi:10.1002/ece3.2568.
27. F. Baudron, K. E. Giller, Agriculture and nature: Trouble and strife? *Biological Conservation*. **170**, 232–245 (2014), doi:10.1016/j.biocon.2013.12.009.
28. R. M. Ewers, J. Scharlemann, A. Balmford, R. E. Green, Do increases in agricultural yield spare land for nature? *Global Change Biol.* **15**, 1716–1726 (2009), doi:10.1111/j.1365-2486.2009.01849.x.
29. M. P. Nessel, T. Konnovitch, G. Q. Romero, A. L. González, Nitrogen and phosphorus enrichment cause declines in invertebrate populations: a global meta-analysis. *Biological Reviews* (2021), doi:10.1111/brv.12771.
30. J. Storkey *et al.*, Grassland biodiversity bounces back from long-term nitrogen addition. *Nature*. **528**, 401–404 (2015), doi:10.1038/nature16444.
31. K. A. Macintosh *et al.*, Transforming soil phosphorus fertility management strategies to support the delivery of multiple ecosystem services from agricultural systems. *Science of The Total Environment*. **649**, 90–98 (2019), doi:10.1016/j.scitotenv.2018.08.272.
32. A. Kovács-Hostyánszki, P. Batáry, W. J. Peach, A. Báldi, Effects of fertilizer application on summer usage of cereal fields by farmland birds in central Hungary. *Bird Study*. **58**, 330–337 (2011), doi:10.1080/00063657.2011.582853.
33. S. Díaz *et al.*, Assessing nature's contributions to people. *Science*. **359**, 270 (2018), doi:10.1126/science.aap8826.
34. L. A. Schulte *et al.*, Prairie strips improve biodiversity and the delivery of multiple ecosystem services from corn–soybean croplands. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **114**, 11247 (2017), doi:10.1073/pnas.1620229114.
35. D. H. Wall, U. N. Nielsen, Biodiversity and ecosystem services: is it the same below ground? *Nature Education Knowledge*. **3**, 8 (2012).
36. W. Yang, T. Dietz, W. Liu, J. Luo, J. Liu, Going beyond the Millennium Ecosystem Assessment: an index system of human dependence on ecosystem services. *PLoS ONE*. **8**, e64581 (2013), doi:10.1371/journal.pone.0064581.
37. D. A. Landis, Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic and Applied Ecology*. **18**, 1–12 (2017), doi:10.1016/j.baae.2016.07.005.
38. D. Leclère *et al.*, Bending the curve of terrestrial biodiversity needs an integrated strategy. *Nature*. **585**, 551–556 (2020), doi:10.1038/s41586-020-2705-y.
39. D. Tilman, C. Balzer, J. Hill, B. L. Befort, Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **108**, 20260–20264 (2011), doi:10.1073/pnas.1116437108.

40. J. Pretty *et al.*, Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*. **1**, 441–446 (2018).
41. Scientific Panel on Responsible Plant Nutrition, *A new paradigm for plant nutrition. Issue Brief 01* (2020) (available at <https://www.sprpn.org/issue-briefs>).
42. EU Nitrogen Expert Panel, *Nitrogen Use Efficiency (NUE). Guidance document for assessing NUE at farm level* (Wageningen University, Alterra, Wageningen, NL, 2016).
43. D. J. Conley *et al.*, Ecology. Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. *Science*. **323**, 1014–1015 (2009), doi:10.1126/science.1167755.
44. F. Zabel *et al.*, Global impacts of future cropland expansion and intensification on agricultural markets and biodiversity. *Nat Commun*. **10**, 2844 (2019), doi:10.1038/s41467-019-10775-z.
45. L. Tacconi, R. J. Rodrigues, A. Maryudi, Law enforcement and deforestation: Lessons for Indonesia from Brazil. *Forest Policy and Economics*. **108**, 101943 (2019), doi:10.1016/j.forpol.2019.05.029.
46. Y. Zhang, M. Pang, B. L. Dickens, D. P. Edwards, L. R. Carrasco, Global hotspots of conversion risk from multiple crop expansion. *Biological Conservation*. **254**, 108963 (2021), doi:10.1016/j.biocon.2021.108963.
47. L. J. Cole, J. Stockan, R. Helliwell, Managing riparian buffer strips to optimise ecosystem services: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. **296**, 106891 (2020), doi:10.1016/j.agee.2020.106891.
48. International Plant Nutrition Institute, *4R plant nutrition manual: A manual for improving the management of plant nutrition, metric version* (IPNI, Norcross, GA, USA, 2016).
49. R. Seppelt, C. Arndt, M. Beckmann, E. A. Martin, T. W. Hertel, Deciphering the Biodiversity-Production Mutualism in the Global Food Security Debate. *Trends in Ecology & Evolution*. **35**, 1011–1020 (2020), doi:10.1016/j.tree.2020.06.012.
50. F. Stagnari, A. Maggio, A. Galieni, M. Pisante, Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. **4**, 2 (2017), doi:10.1186/s40538-016-0085-1.
51. W. J. Sutherland, L. V. Dicks, S. O. Petrovan, R. K. Smith, *What works in conservation 2020* (Open Book Publishers, Cambridge, UK, 2020).
52. N. Mahon, I. Crute, M. Di Bonito, E. A. Simmons, M. M. Islam, Towards a broad-based and holistic framework of Sustainable Intensification indicators. *Land Use Policy*. **77**, 576–597 (2018), doi:10.1016/j.landusepol.2018.06.009.

AUTORES, CITA Y CONTACTO

Autores: Autor principal coordinador: Simon Attwood (consultor, conservación y gestión de la biodiversidad, Reino Unido)

Autores colaboradores: Todos los miembros del Panel Científico sobre Nutrición Vegetal Responsable.

Tom Bruulsema (Plant Nutrition Canadá), Ismail Cakmak (Universidad Sabanci, Turquía), Achim Dobermann (Asociación Internacional de Fertilizantes, Francia), Bruno Gerard (CIMMYT, México), Kaushik Majumdar (Instituto Africano de Nutrición Vegetal, Marruecos), Michael McLaughlin (Universidad de Adelaida, Australia), Pytrik Reidsma (Universidad e Investigación de Wageningen, Países Bajos), Bernard Vanlauwe (Instituto Internacional de Agricultura Tropical, Kenia), Lini Wollenberg (Programa de Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria del CGIAR, EE. UU.), Fusuo Zhang (China Universidad Agrícola, China), Xin Zhang (Centro de Ciencias Ambientales de la Universidad de Maryland, EE. UU.)

Cita: Panel científico sobre nutrición vegetal responsable. 2021. Lograr una nutrición vegetal positiva para la naturaleza: fertilizantes y biodiversidad. Resumen informativo 02. Disponible en www.sprpn.org.

Más información: Panel científico sobre nutrición vegetal responsable, c / o IFA, 49, avenue d'Iéna, 75116 París, Francia; info@sprpn.org