

1.3

Agrobosque en Krui, Sumatra, Indonesia. Foto: E. Torquebiau

El nexo agroforestería-biodiversidad-cambio climático

Emmanuel Torquebiau

“La agroforestería es una solución basada en la naturaleza: al combinar plantas perennes (árboles y arbustos) y plantas herbáceas anuales (cultivos) y, a veces, animales, básicamente imita a la naturaleza”.

“La pérdida de biodiversidad y el cambio climático son amenazas inseparables para la humanidad que deben abordarse conjuntamente. También están profundamente interconectados de maneras que plantean desafíos complejos para la formulación de políticas y la acción efectivas”. Estas son las palabras de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES 2020, párr. 1).

En un trabajo coordinado entre la IPBES y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), las dos organizaciones mundialmente reconocidas declararon que “la separación funcional entre el cambio climático y la biodiversidad crea el riesgo de identificar, comprender y tratar de manera incompleta las conexiones entre ambos y, en el peor de los casos, puede llevar a tomar medidas que impidan inadvertidamente la solución de uno u otro o ambas cuestiones” (Pörtner et al. 2021: 4).

Debido al cambio climático y a la pérdida de biodiversidad, la tierra se vuelve menos apta para la agricultura. Esto tiene graves consecuencias para la seguridad alimentaria. Cuando la tierra se degrada y aumenta la demanda de alimentos, aumenta la presión sobre la tierra, lo que agrava aún más el riesgo de degradación de los bosques y la tierra.

Esta situación nos lleva a un punto en el que parece tener sentido —de hecho, es urgente— buscar iniciativas que puedan abordar simultáneamente los problemas del cambio climático y la disminución de la biodiversidad. En lo que respecta al clima, estas iniciativas deben abordar tanto la adaptación (es decir, ajustarse al clima actual o futuro y sus consecuencias) como la mitigación (es decir, disminuir las fuentes o aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero o GEI). En términos de biodiversidad, las soluciones deben tener en cuenta que la fauna vegetal y animal (incluidos los insectos y los microorganismos) está desapareciendo a un ritmo sin precedentes y que la agrobiodiversidad (es decir, la parte de la biodiversidad que incluye las plantas y los animales útiles y sus parientes silvestres) se ha visto fuertemente afectada por las actividades humanas y representa hoy sólo una pequeña parte de lo que solía ser en el origen de la agricultura, hace unos diez mil años.

El sector de uso de la tierra (agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra) tiene una estrecha relación con el cambio climático y la biodiversidad. El sector es víctima, causa y solución. Víctima, porque el empeoramiento de las condiciones climáticas (por ejemplo, calor, sequía, eventos extremos, etc.) influye fuertemente en la productividad primaria tanto de las plantas como de los animales, que en consecuencia deben adaptarse, ya sean silvestres o domesticados. Causa, porque el sector emite el 23% del total de las emisiones antropogénicas netas (Shukla et al. 2019). La agricultura se encuentra entre los principales emisores (fertilizantes artificiales, liberación de carbono a través del arado, emisiones de rumiantes, etc.), junto con los cambios en el uso de la tierra debido a la deforestación. Solución, porque el sector puede mitigar el cambio climático mediante el aumento de la captura de CO₂ a través de la fotosíntesis, el apoyo al contenido de carbono en el suelo y la biomasa, y la reducción de las emisiones a través de prácticas ecológicamente racionales.

En cuanto a la biodiversidad, el sector de uso de la tierra también está en el centro del debate. La variedad de usos de la tierra en el planeta alberga innumerables especies y, quizás lo más importante, proporciona una variedad de nichos ecológicos y paisajes donde esas especies pueden prosperar, reproducirse y diseminarse. Tanto los paisajes naturales como los creados por el hombre han hecho de la Tierra lo que es: un planeta donde las condiciones ambientales son compatibles con la vida humana. La pérdida de biodiversidad

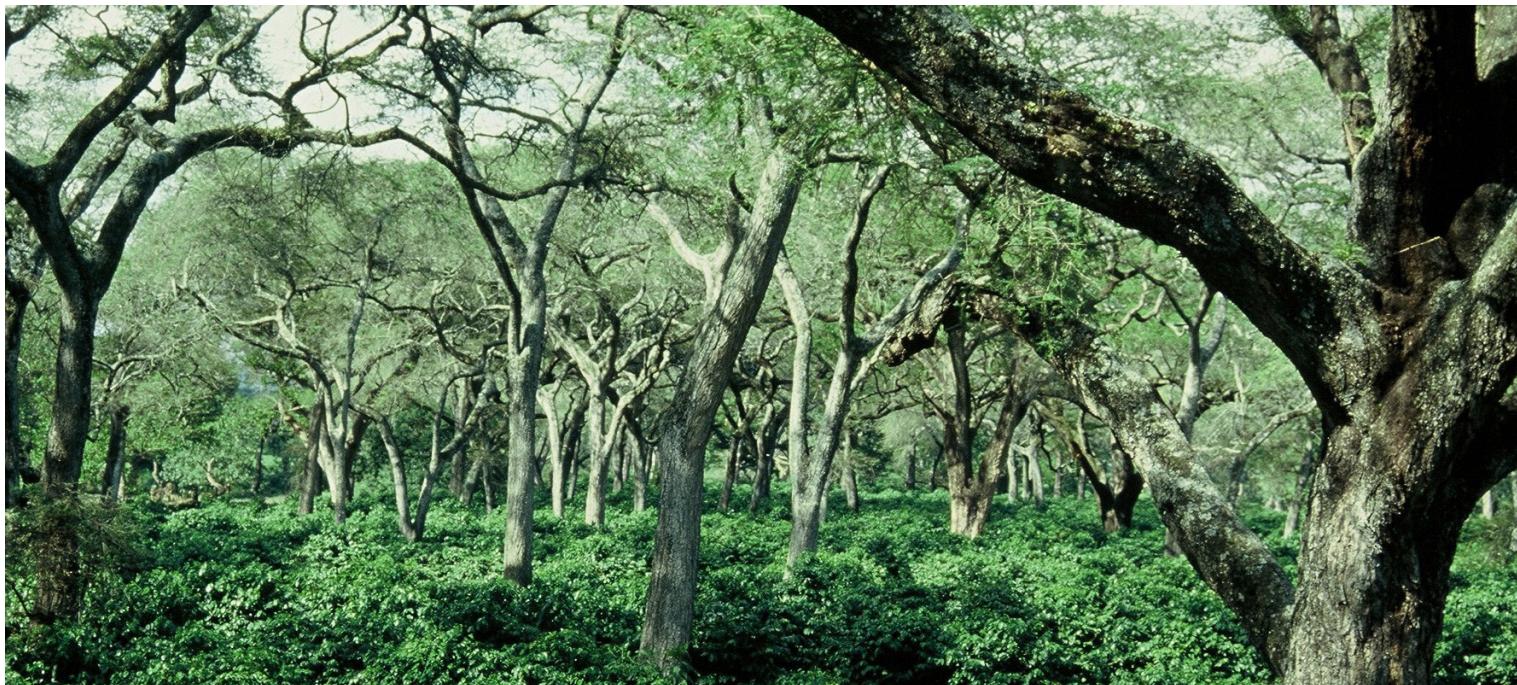
en las últimas décadas no tiene precedentes en la historia de la humanidad y representa una disminución no solo de la riqueza ambiental actual, sino también de la historia evolutiva del mundo y su potencial para seguir evolucionando (DeClerck y Martínez-Salinas 2011). En otras palabras, la biodiversidad es tanto un recurso como un proceso dinámico que permite el funcionamiento de los ecosistemas.

La actividad humana número uno que explica la pérdida de biodiversidad es la agricultura, por cuatro razones principales: la conversión de ecosistemas naturales en fincas y ranchos; la intensificación de la gestión en paisajes culturales de larga data; la liberación de contaminantes, incluidos los gases de efecto invernadero; y los impactos de las cadenas de valor, incluidos los de la energía, el transporte y el desperdicio de alimentos (Dudley y Alexander 2017).

La agroforestería es una de las iniciativas más prometedoras para abordar simultáneamente tanto el cambio climático como la biodiversidad. La razón principal de esto es el hecho de que la agroforestería es un sistema de uso de la tierra que se basa en las llamadas soluciones basadas en la naturaleza, “un concepto de importancia vital y urgente”, que “significa más de lo que se piensa”, según un editorial en *Nature* en 2017 (*Nature* 2017). ¿Por qué la agroforestería es una solución basada en la naturaleza? Porque al combinar plantas perennes (árboles y arbustos) y plantas anuales y herbáceas (cultivos) y, a veces, animales, básicamente imita a la naturaleza.

Tomemos como ejemplo los agrobosques tropicales: estas asociaciones agroforestales densas, mixtas y de múltiples capas, con una diversidad de árboles y cultivos plantados, a menudo se encuentran alrededor de hogares y aldeas y, a veces, cubren paisajes enteros; por ejemplo, en Sri Lanka e Indonesia. A primera vista, se asemejan a bosques naturales, con los que a veces se confunden (ver foto, página anterior). Aunque los agrobosques son densos, la gran cantidad de especies asociadas hace que cada planta aparezca en pequeñas cantidades. La biodiversidad espontánea coexiste con las especies plantadas; múltiples interacciones ecológicas caracterizan a estos agrobosques, que no requieren un manejo agrícola intensivo. La fruta, la madera, el forraje, las verduras, la miel, los huevos, etc. se cosechan durante todo el año. Frente al cambio climático, estos bosques artificiales se comportan como bosques naturales, adaptándose a los peligros estacionales mientras capturan carbono.

Veamos los cultivos tolerantes a la sombra cultivados bajo cobertura arbórea, como el café (ver foto, página opuesta), cacao, yerba mate y variedades rústicas de piña. Aquí, los árboles proporcionan el papel de amortiguador climático que originalmente desempeñaron en el entorno natural donde se encontraron inicialmente los parientes silvestres de esos



Café cultivado bajo la sombra de árboles, Usa, Tanzania. Foto: E. Torquebiau

cultivos. No hay mucha diferencia, en realidad, entre los densos bosques de Etiopía donde se domesticó por primera vez el café silvestre y las plantaciones a la sombra de los árboles de Bolivia o Brasil; entre los arbustos de cacao silvestre de la selva amazónica y los campos de cacao sombreados de hoy en día en la República Democrática del Congo o Ghana; entre los bosques de araucarias de América del Sur y la cría de ganado o el cultivo de yerba mate bajo esos mismos árboles; entre la piña silvestre del Amazonas y las variedades que hoy en día se cultivan bajo árboles mexicanos.

Tomemos como ejemplo los árboles dispersos en los campos de cultivo arbolados (también llamados parques arbolados, ver foto, página siguiente), una práctica agrícola omnipresente en el África semiárida y subhúmeda. Aquí, el modelo es la sabana africana, cuidadosamente imitada por millones de agricultores africanos que practican la regeneración natural manejada por los productores (FMNR). Entre los cultivos de sorgo, caupí o mijo, los productores protegen cientos de especies de árboles que crecen naturalmente y las cuidan por sus múltiples beneficios. Este asombroso desempeño de la agrobiodiversidad incluye una gran cantidad de servicios prestados por los árboles, como la mejora del suelo, el control de la erosión eólica, la amortiguación de la temperatura y el refugio para personas y animales. También abarca múltiples productos arbóreos como alimentos, forrajes, madera, fibras, sustancias medicinales, gomas, aceites y material artesanal.

Tomemos como ejemplo la agroforestería de huertos caseros tal como existe en Bangladesh (ver foto, página 24), Etiopía e India, entre otros lugares. Alrededor de las viviendas, una variedad de árboles útiles proporcionan refugio a las personas y un entorno climático propicio para las aves de corral, los estanques de peces y los pequeños rumiantes. Una variedad de arbustos de sotobosque y cultivos herbáceos nutritivos complementan la dieta rica en almidón obtenida del arroz u otros cereales. La alta agrobiodiversidad de estas zonas es una fuente de productos básicos que se pueden cosechar durante todo el año. Los huertos caseros agroforestales también tienen un papel social clave, ya que son un lugar para la vida comunitaria y las interacciones a nivel de aldea.

La lista puede continuar. En comparación con los monocultivos de la agricultura industrial y la silvicultura, la mayoría de los sistemas agroforestales tienen una mayor biodiversidad o mejores respuestas al desafío del cambio climático, o ambas. Varios artículos científicos recientes lo confirman. En 2019, Udawatta et al. publicaron una revisión mundial en la que analizaron 110 artículos que cubrían el período 1991-2019. Sus resultados muestran que la diversidad microbiana floral, faunística y del suelo es significativamente mayor en la agroforestería que en los monocultivos adyacentes. Otros estudios han demostrado la contribución de la agroforestería a la biodiversidad a escala de paisaje (Schroth et al. 2004). En mosaicos paisajísticos heterogéneos, los sistemas



Agroforestería en los campos de cultivo arbolados o parques en Senegal. Foto: L. Leroux

agroforestales influyen en procesos ecológicos como los movimientos de los animales, la dispersión de las plantas, el microclima y los flujos de agua o nutrientes del suelo, así como en la dinámica tanto de las plagas como de las especies útiles.

En lo que respecta al cambio climático, varios artículos confirman el papel positivo que puede desempeñar la agroforestería. La agroforestería tropical es un importante sumidero de carbono atmosférico, en particular debido a la presencia de biomasa arbórea, pero también a la reducción de la erosión, la mejora de la estructura y el aumento de la materia orgánica del suelo (Gupta et al. 2017). Por lo tanto, la agroforestería tiene mucho potencial para convertirse en una importante estrategia de mitigación del cambio climático que pueda sustentar diversas políticas nacionales e internacionales.

En un estudio realizado en África, donde el 15% de las fincas tenían una cobertura arbórea de más del 30%, Mbow et al. (2014) muestran que la agroforestería puede alcanzar simultáneamente los objetivos de mitigación y adaptación. Un meta-análisis del secuestro de carbono del suelo en la agroforestería (De Stefano y Jacobson 2018) indica que el carbono del suelo es mayor en los campos agroforestales que en otros campos agrícolas o en los pastos (pero no en comparación con los bosques). Un reciente artículo en la revista *Nature Climate Change* (Terasaki Hart et al. 2023) describe la agroforestería como la mayor oportunidad de solución climática natural agrícola, comparable a

otras soluciones climáticas naturales destacadas como la reforestación y la reducción de la deforestación.

Por lo tanto, no es sorprendente encontrar que importantes organizaciones internacionales han incluido la agroforestería como una opción que vale la pena considerar para abordar los desafíos que enfrenta la agricultura industrial actual. En su *Resumen para decisores políticos de 2019*, un Informe Especial sobre el Cambio Climático y la Tierra, el IPCC afirma: “Las soluciones que ayudan a adaptarse y mitigar el cambio climático [...] incluyen, entre otras cosas: la captación de agua y el riego por micro riego, la restauración de tierras degradadas utilizando plantas ecológicamente apropiadas resistentes a la sequía; agroforestería y otras prácticas de adaptación agroecológicas y basadas en ecosistemas (probabilidad alta)” (Shukla et al. 2019: 22). En la sección sobre el manejo sostenible de la tierra, el mismo informe del IPCC afirma: “Las siguientes opciones también tienen beneficios colaterales de mitigación. Los sistemas de fincas como la agroforestería, las fases de pastoreo perenne y el uso de granos perennes pueden reducir sustancialmente la erosión y la lixiviación de nutrientes, al tiempo que generan carbono en el suelo (probabilidad alta)” (Shukla et al. 2019: 23). El *Informe Mundial sobre el Desarrollo Sostenible 2023* (UN DESA 2023), publicado recientemente, que hace balance de los progresos realizados hasta la fecha hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030, ha identificado una serie de cambios clave para acelerar el progreso en puntos de entrada como la economía, la alimentación y la energía. La agroforestería se señala dos veces como una intervención

recomendada, en el marco de los sistemas alimentarios y los patrones de nutrición, y en el marco de los bienes comunes ambientales mundiales.

Project Drawdown (2023), un reconocido grupo de expertos sin fines de lucro que “promueve soluciones y estrategias climáticas efectivas y basadas en la ciencia”, cita varias opciones agroforestales entre las soluciones cuantitativamente significativas para el cambio climático: agroforestería multiestrato (árboles y cultivos en estratos), silvopastoreo (la integración de árboles, pastos y forraje en un solo sistema) y cultivo intercalado de árboles (combinación de árboles y cultivos). Se dice que las tres opciones tienen “beneficios colaterales”, es decir, pueden mitigar el cambio climático a través del secuestro de carbono y contribuir a mejorar la biodiversidad y la resiliencia.

Curiosamente, los autores del informe IPBES-IPCC (Pörtner et al. 2021) llegan a conclusiones similares y advierten al mundo sobre los riesgos causados por las conexiones entre la pérdida de biodiversidad y el cambio climático. Escriben en la sección de prácticas agrícolas y forestales sostenibles: “Medidas como la diversificación de cultivos y especies forestales, la agroforestería y la agroecología mejoran la biodiversidad y las contribuciones de la naturaleza a las personas en paisajes centrados en la producción de alimentos, piensos, fibras o energía. Estas medidas también pueden reducir las pérdidas de producción de alimentos o madera inducidas por el clima al aumentar la capacidad de adaptación” (Pörtner et al. 2021: 17).

Por lo tanto, una fortaleza reconocida de la agroforestería es la sinergia en respuesta a la biodiversidad y al cambio climático. Sin embargo, varios estudios recientes señalan el hecho de que siguen existiendo lagunas de conocimiento y

deficiencias estructurales o funcionales. Por ejemplo, Quandt et al. (2023) señalan que ayudar a los productores a reducir el riesgo climático y comprender los beneficios de adaptación de la agroforestería a peligros climáticos específicos adolece de una falta de investigación biofísica y socioeconómica integrada que abarque diferentes áreas geográficas. Varios estudios (por ejemplo, Cardinael et al. 2018) destacan el hecho de que el potencial de la agroforestería para mitigar el cambio climático depende del tipo de uso de la tierra que reemplace. Por ejemplo, el balance de carbono es mayoritariamente negativo cuando se pasa de bosques a agroforestería, pero es positivo cuando se convierten tierras de cultivo a agroforestería. Algunos sistemas son más eficaces para el secuestro de carbono arriba del suelo (por ejemplo, barbechos mejorados), mientras que otros funcionan mejor para el secuestro de carbono del suelo (por ejemplo, la agrosilvicultura con animales).

Con el fin de aprovechar todo el potencial de la agroforestería para la mitigación del cambio climático, también se deben considerar otros GEI, como el metano y el óxido nitroso (Feliciano et al. 2018). Un meta-análisis que aborda los patrones de diversidad de plantas de sombra en la agroforestería en Centroamérica (Esquivel et al. 2023) revela que esta diversidad está muy sesgada hacia las especies de bosques secundarios y las especies arbóreas que son útiles para los productores y que su valor de conservación es mucho menor que el de los bosques naturales.

Por último, pero no por ello menos importante, aunque la agroforestería existe en muchas formas, a menudo está ausente de los documentos normativos y no se reconoce en las estadísticas, documentos y planes nacionales (Mulyoutami et al. 2023; Buttoud et al. 2013).



Huertos caseros agroforestales, Rajsahi, Bangladesh. Foto: E. Torquebiau

Referencias

Buttoud G in collaboration with Ajayi O, Detlefsen G, Place F and Torquebiau E. 2013. *Advancing Agroforestry on the Policy Agenda: A guide for decision-makers*. Agroforestry Working Paper No. 1. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<https://www.fao.org/3/i3182e/i3182e.pdf>.

Cardinael R, Umulisa V, Toudert A, Olivier A, Bockel L and Bernoux M. 2018. Revisiting IPCC Tier 1 coefficients for soil organic and biomass carbon storage in agroforestry systems. *Environmental Research Letters* 13:1–20. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaeb5f>.

DeClerck FA and Martínez-Salinas A. 2011. Measuring biodiversity. In: Rapidel B, DeClerck F, Le Coq JF and Beer J. eds. *Ecosystem services from agriculture and agroforestry: Measurement and payment*. London: EarthScan, pp. 65–89. https://www.researchgate.net/publication/235436927_Ecosystem_services_from_agriculture_and_agroforestry_measurement_and_payment.

De Stefano A and Jacobson MG. 2018. Soil carbon sequestration in agroforestry systems: A meta-analysis. *Agroforestry Systems* 92:285–299. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0147-9>.

Dudley N and Alexander S. 2017. Agriculture and biodiversity: A review. *Biodiversity* 18(2–3):45–49. <https://doi.org/10.1080/14888386.2017.1351892>.

Esquivel MJ, Vilchez-Mendoza S, Harvey CA, Ospina MA, Somarriba E, Deheuvels O, Virginio Filho EM, Haggard J, Detlefsen G, Cerdán C, Casanoves F and Ordoñez JC. 2023. Patterns of shade plant diversity in four agroforestry systems across Central America: A meta-analysis. *Scientific Reports* 13(1):8538.

<https://www.nature.com/articles/s41598-023-35578-7>.

Feliciano D, Ledo A, Hillier J and Nayak DR. 2018. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 254:117–129. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.032>.

Gupta RK, Kumar V, Sharma KR, Singh Buttar T, Singh G and Mir G. 2017. Carbon sequestration potential through agroforestry: A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6(8):211–220. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.608.029>.

IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). 2020. *IPBES-IPCC Co-Sponsored Workshop: Spotlighting the Interactions of the Science of Biodiversity and Climate Change*. Media Release. <https://www.ipbes.net/ipbes-ipcc-cosponsored-workshop-media-release>.

Mbow C, Smith P, Skole D, Duguma L and Bustamante M. 2014. Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 6:8–14. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.09.002>.

Mulyoutami E, Tata HL, Silvianingsih YA and van Noordwijk M. 2023. Agroforests as the intersection of instrumental and relational values of nature: Gendered, culture-dependent perspectives? *Current Opinion in Environmental Sustainability* 62:101293. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101293>.

Nature 2017. “Nature-based solutions” is the latest green jargon that means more than you might think. *Nature* 541:133–134. <https://doi.org/10.1038/541133b>.

Pörtner HO, Scholes RJ, Agard J, Archer E, Arneth A, Bai X, Barnes D, Burrows M, Chan L, Cheung WL, Diamond S, Donatti C, Duarte C, Eisenhauer N, Foden W, Gasalla MA, Handa C, Hickler T, Hoegh-Guldberg O, Ichii K, Jacob U, Insarov G, Kiessling W, Leadley P, Leemans R, Levin L, Lim M, Maharaj S, Managi S, Marquet PA, McElwee P, Midgley G, Oberdorff T, Obura D, Osman E, Pandit R, Pascual U, Pires A P F, Popp A, Reyes-García V, Sankaran M, Settele J, Shin YJ, Sintayehu DW, Smith P, Steiner N, Strassburg B, Sukumar R, Trisos C, Val AL, Wu J, Aldrian E, Parmesan C, Pichs-Madruga R, Roberts DC, Rogers AD, Díaz S, Fischer M, Hashimoto S, Lavorel S, Wu N and Ngo HT. 2021. *IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change: Scientific Outcome*. IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4659158>.

Project Drawdown. 2023. *Multistrata Agroforestry*. <https://drawdown.org/solutions/multistrata-agroforestry>.

Quandt A, Neufeld H and Gorman K. 2023. Climate change adaptation through agroforestry: Opportunities and gaps. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 60:101244. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101244>.

Schroth G, da Fonseca GA, Harvey CA, Gascon C, Vasconcelos HL and Izac AMN. eds. 2004. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Washington, DC: Island Press.

Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E, Masson-Delmotte V, Pörtner HO, Roberts DC, Zhai P, Slade R, Connors S, van Diemen R, Ferrat M, Haughey E, Luz S, Neogi S, Pathak M, Petzold J, Portugal Pereira J, Vyas P, Huntley E, Kissick K, Belkacemi M and Malley J. eds. 2019. *Summary for Policymakers*. IPCC. <https://doi.org/10.1017/9781009157988.001>.

Terasaki Hart DE, Yeo S, Almaraz M, Beillouin D, Cardinael R, Garcia E, Kay S, Lovell S, Rosenstock T, Sprenkle-Hyppolite S, Stolle F, Suber M, Thapa B, Wood S and Cook-Patton SC. 2023. Priority science can accelerate agroforestry as a natural climate solution. *Nature Climate Change* 13:1-12. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01810-5>.

Udawatta RP, Rankoth L and Jose S. 2019. Agroforestry and biodiversity. *Sustainability* 11(10):2879. <https://doi.org/10.3390/su1102879>.

UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). 2023. *Times of crisis, times of change: Science for accelerating transformations to sustainable development*. Global Sustainable Development Report 2023. New York: United Nations. https://sdgs.un.org/sites/default/files/2023-09/FINAL%20GSDR%202023-Digital%20-110923_1.pdf.

Afiliación del autor

Emmanuel Torquebiau, Científico Emérito, French Agricultural Research Centre for International Development/CIRAD (etorquebiau@outlook.com)