

El mapeo sistemático muestra la necesidad de aumentar la investigación socioecológica en la palma de aceite

Systematic Mapping Shows the Need for Increased Socio-ecological Research on Oil Palm

CITACIÓN: Reiss-Woolever, V. J., Luke, S. H., Stone, J., Shackelford, G. E. & Turner E. C. (2021). El mapeo sistemático muestra la necesidad de aumentar la investigación socioecológica sobre la palma de aceite. *Palmas*, 43(4), 40-68.

PALABRAS CLAVE: Aceite de palma, Mapeo sistemático, Revisión, Socioecológico, Interdisciplinar, Agricultura sostenible, Agricultura tropical.

KEYWORDS: Palm oil, Systematic mapping, Review, Socio-ecological, Interdisciplinary, Sustainable farming, Tropical agriculture.

Traducido del original Systematic Mapping Shows the Need for Increased Socio-ecological Research on Oil Palm, publicado en la revista *Environ. Res. Lett.* 16 063002. doi: 10.1088/1748-9326/abfc77

Derechos de autor: el contenido original de esta obra puede ser utilizado bajo los términos de la Creative Commons 4.0 de Creative Commons. Cualquier otra distribución de esta obra debe mantener la atribución a el autor o autores y el título de la obra, la revista y el doi.

El material suplementario de este artículo está disponible en el ítem "Dato suplementario": <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abfc77>

REISS-WOOLEVER, VALENTINE JOY

Grupo de Ecología de Insectos,
Departamento de Zoología, University
of Cambridge, Cambridge, Reino Unido.
Correo electrónico: vjr30@cam.ac.uk

LUKE, SARAH HELEN

Grupo de Ecología de Insectos,
Departamento de Zoología, University
of Cambridge, Cambridge, Reino Unido.

STONE, JAKE

Grupo de Ecología de Insectos,
Departamento de Zoología, University
of Cambridge, Cambridge, Reino Unido.

SHACKELFORD, GORM EIRIK

Grupo de Ciencias de Conservación,
Departamento de Zoología,
University of Cambridge, Cambridge,
Reino Unido. BioRISC (Iniciativa de
Investigación en Bioseguridad de St.
Catharine's), St. Catharine's College,
Cambridge, Reino Unido.

TURNER, EDGAR CLIVE

Grupo de Ecología de Insectos,
Departamento de Zoología, University
of Cambridge, Cambridge, Reino Unido.

Resumen

Durante el último siglo, la palma de aceite pasó de ser un cultivo de subsistencia en África Occidental a convertirse en un importante producto agrícola mundial, con importantes repercusiones en la biodiversidad, el medio ambiente, la sociedad y los medios de subsistencia. Aunque la industria de la palma de aceite contribuye a las economías locales y nacionales en

los trópicos, existen preocupaciones importantes sobre los efectos negativos del cultivo en la biodiversidad y el funcionamiento del ecosistema, así como en las comunidades locales y los agricultores. Existe una creciente conciencia de la necesidad de gestionar los paisajes agrícolas de manera más sostenible y la importancia de la investigación ecológica, social e interdisciplinaria para esto. Con el fin de comprender el estado actual de la investigación sobre la palma de aceite en estas áreas, llevamos a cabo un ejercicio de mapeo sistemático para cuantificar la investigación social, ecológica e interdisciplinaria socioecológica sobre el cultivo de la palma de aceite, evaluar las tendencias en la investigación e identificar brechas de conocimiento prioritarias en la literatura. La literatura se buscó utilizando elementos de reporte seleccionados adaptados en revisiones sistemáticas, metaanálisis y protocolos de colaboración para la evidencia ambiental. Se revisaron 4.959 publicaciones sobre los efectos ecológicos, sociales y socioecológicos del cultivo de la palma de aceite. Cada una se clasificó de acuerdo con el contexto del estudio (la ubicación y el tipo del sitio del estudio), los comparativos (el tipo de comparación que realiza el estudio), la intervención (la acción o decisión potencial que se está estudiando) y el resultado (los efectos de la intervención en la población). Esto dio como resultado 443 artículos clasificados, que luego se analizaron con más detalle para identificar la coocurrencia de diferentes focos de investigación entre las disciplinas y en la investigación socioecológica. Encontramos un incremento global en la investigación sobre la palma de aceite en las últimas 3 décadas, con un claro énfasis hacia Malasia e Indonesia, reflejando las tendencias de producción global. Más de 70 % de la investigación se centró en los resultados ecológicos, el 19 % en los sociales y menos del 10 % fueron interdisciplinarios. La mayoría de los estudios se realizaron dentro de plantaciones industriales, con comparaciones con hábitats no modificados, como los bosques. La investigación se ha centrado más en los efectos del cultivo sobre el rendimiento, la biodiversidad de invertebrados y los medios de vida. Para situar los hallazgos en el contexto de la producción de aceite de palma y las prioridades de sostenibilidad, se utilizó información sobre la producción regional de palma de aceite en toneladas, las prioridades de los organismos de certificación sostenible y las causas reconocidas de las brechas de rendimiento. Los vacíos de conocimiento más acuciantes incluyeron la falta de estudios sobre los efectos de los insumos de las plantaciones en la polinización y la herbivoría, la relación entre los factores ecológicos y la salud y el bienestar humanos, así como, las comparaciones de diferentes prácticas de manejo dentro de las plantaciones de palma de aceite. Se aboga para que estas brechas se conviertan en el centro de atención de la investigación futura, ya que se encuentran en áreas de investigación prioritarias identificadas y es probable que los resultados sean críticos para informar el desarrollo de una producción de aceite de palma más sostenible.

Abstract

In the past century, oil palm has developed from a sustenance crop in West Africa to a major global agricultural commodity, with substantial impacts on biodiversity, the environment, society, and livelihoods. Although the oil palm industry contributes to local and national economies across the tropics, there are significant concerns about the negative effects of oil palm cultivation on biodiversity and ecosystem functioning, as well on local communities and farmers. There is a growing awareness of the need for managing agricultural landscapes more sustainably, and the importance of ecological, social, and also interdisciplinary research to inform this. To understand the current status of research across these areas for oil palm, we carried out a systematic mapping exercise to quantify social, ecological, and interdisciplinary socio-ecological research on oil palm cultivation, assess trends in the research, and to identify priority knowledge gaps in the literature. Literature was searched using adapted preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses and Collaboration for Environmental Evidence protocols. We reviewed 4959 publications on the ecological, social, and socioecological effects of oil palm cultivation. Each publication was classified according to study context (the study site location and type), comparators (the type of comparison the study makes), intervention (the potential action or decision being studied), and outcome (the effects of the intervention on the population). This resulted in 443 classified papers, which we then analyzed in more detail, to identify co-occurrence of different research foci between the disciplines and in socio-ecological research. We found a global increase in oil palm research over the past three decades, with a clear bias to Malaysia and Indonesia, mirroring global production trends. Over 70% of the research was focused on ecological outcomes, 19% on social, and less than 10% interdisciplinary. The majority of studies were conducted within industrial plantations, with compari-

sons to non-modified habitats, such as forests. Research has focused most on the effects of cultivation on yield, invertebrate biodiversity, and livelihood. To place our findings in context of production of palm oil and sustainability priorities, we used information on regional oil palm production in Tonnes, priorities of sustainable certification bodies, and recognized causes of yield gaps. The most pressing knowledge gaps included a lack of studies on the effects of plantation inputs on pollination and herbivory, the relationship between ecological factors and human health and wellbeing, and comparisons of different management practices within oil palm plantations. We advocate that these gaps become the focus of future research attention, as they lie in identified priority research areas and outcomes are likely to be critical to informing the development of more sustainable palm oil production.

1. Introducción

El cambio ambiental debido a la demanda agrícola ha transformado los paisajes en todo el mundo, causando una pérdida generalizada de hábitats naturales y biodiversidad (Sala *et al.*, 2000). Si bien el aumento de la producción agrícola es necesario para alimentar a una población mundial en crecimiento y apoyar los medios de vida del 30 % de la población (FAO, 2019), los cultivos pueden tener graves efectos negativos sobre el medio ambiente. Un ejemplo notable de esto se ve en la industria del aceite de palma. La palma de aceite (*Elaeis guineensis*) es uno de los cultivos que más rápido se expande en los trópicos (Vijay *et al.*, 2016). Bajo una eficiencia óptima, tiene un rendimiento por área 5-9 veces mayor que otros cultivos de semillas oleaginosas y es responsable de 40 % del aceite vegetal utilizado en alimentos, cosméticos y biocombustibles en todo el mundo (Prokurat, 2013). Esto, junto con la vida económica potencial de 20-30 años de las plantas, ha hecho de la palma de aceite uno de los cultivos más lucrativos en los trópicos (Sayer *et al.*, 2012). Entre 2003 y 2013, la producción mundial se ha duplicado en países de América del Sur, África y Asia (RSPO, 2018). En estas regiones, esta expansión de la palma de aceite ha sido en gran medida a expensas de los bosques tropicales, que sostienen dos tercios de la diversidad de flora y fauna del mundo y almacenan una cuarta parte del carbono terrestre (Bonan, 2008).

A medida que la tierra tropical dedicada a la palma de aceite ha aumentado, también lo ha hecho la atención que la industria ha recibido de la comunidad científica (Savilaakso *et al.*, 2014). La conversión de bosques en plantaciones de palma de aceite y la reducción resultante en la heterogeneidad ambien-

tal y la complejidad del hábitat ha sido un enfoque frecuente de la investigación ecológica (Dislich *et al.*, 2015). Las transformaciones del suelo tienen muchas consecuencias negativas para las comunidades animales y las funciones ecosistémicas que apoyan, incluida la reducción del secuestro de carbono, la polinización y la fertilidad del suelo (Barnes *et al.*, 2014). Los estudios que comparan la palma de aceite con los bosques tropicales han encontrado una reducción de 35 % en la riqueza de especies (Dhandapani, 2015) y un efecto negativo en más de 75 % de los servicios ecosistémicos clave (Dislich *et al.*, 2015) después de la conversión. Sin embargo, el cultivo de palma de aceite también puede traer una amplia gama de beneficios para los medios de vida humanos y tiene una eficiencia de uso de la tierra mucho mayor en comparación con muchos otros cultivos alternativos (de Vries *et al.*, 2010). Un número cada vez mayor de comunidades rurales trabaja en estas plantaciones y la industria de la palma de aceite proporciona empleo a más de 4,5 millones de agricultores solo en el Sudeste Asiático (Vermeulen *et al.*, 2006). Los sociólogos han observado los impactos del cultivo en los medios de vida (Krishna *et al.*, 2015), la dinámica de los hogares (Hasanah *et al.*, 2019) y la satisfacción de los agricultores (Feintrenie *et al.*, 2010), con algunos estudios que destacan el impacto positivo que el cultivo a gran y pequeña escala ha proporcionado a las economías rurales y nacionales (Dur, 2017). Sin embargo, también se han registrado impactos negativos en temas sociales como la desigualdad de género (Levien, 2017) y los derechos de los pueblos indígenas (Colchester *et al.*, 2006). Tanto en las disciplinas ecológicas como en las sociales, está claro que las comunidades humanas y ambientales se ven afectadas en todos los continentes y sistemas de plantación. Es

probable que el equilibrio entre los efectos positivos y negativos dependa de la ubicación y la escala de la plantación que se está estudiando y de las formas en que se gestiona la plantación (Dislich *et al.*, 2015).

La palma de aceite es un producto agrícola importante que se produce en 43 países en los 5 continentes (Miettinen *et al.*, 2012). Si bien el rango está restringido a los trópicos húmedos, las regiones difieren en gran medida en el contexto ecológico y social del cultivo, en las especies nativas presentes o la historia de empleo de las comunidades locales. Por lo tanto, las sugerencias de manejo pueden no ser transferibles entre áreas y los esfuerzos de investigación y conservación deben incorporar estrategias adaptadas al contexto de ubicación específico (Vijay *et al.*, 2016). La sostenibilidad ecológica, social y de producción de las plantaciones también está fuertemente influenciada por las decisiones de manejo, incluidos factores como el cultivo intercalado, los insumos químicos y la implementación de esquemas de certificación. Como estos varían ampliamente entre las plantaciones y a menudo no son óptimos, el rendimiento promedio global de 3,5 toneladas de aceite por hectárea (t) está muy por debajo del potencial previsto de 11-18 toneladas (Barcelos *et al.*, 2015). Por ejemplo, la brecha de rendimiento entre las plantaciones industriales y de pequeños agricultores puede ser de hasta el 40 % (Molenaar *et al.*, 2013). Las plantaciones industriales son administradas por grandes empresas y ocupan miles de hectáreas, mientras que las plantaciones de pequeños agricultores generalmente se administran como fincas familiares (Bennett *et al.*, 2019). Los pequeños agricultores asistidos, también conocidos como sistemas de plasma o núcleo, son propietarios independientes de la plantación, pero están asociados con grandes compañías que les brindan asistencia técnica. Debido a sus distintas escalas operativas, el manejo entre estos sistemas difiere. Los sistemas industriales son a menudo plantaciones de monocultivo de alto rendimiento, mientras que los pequeños agricultores suelen tener plantaciones de policultivo a pequeña escala, que carecen de infraestructura (Bissonnette y De Koninck, 2017). La escala de la producción y las decisiones de manejo individual, por lo tanto, tienen profundos impactos no solo en la ecología de los paisajes con palma de aceite, sino en la dinámica social de propietarios y trabajadores.

Como un tema global multifacético y urgente, el desarrollo de una producción de aceite de palma más sostenible requiere de un enfoque innovador e

integrado, que involucre a numerosas partes interesadas y componentes que interactúen entre sí, con soluciones y conocimientos extraídos de múltiples disciplinas (Miller, 2016). Esto exige una mayor investigación ecológica y social, pero también una mayor priorización de la investigación interdisciplinaria que integra múltiples factores. El número de proyectos de investigación interdisciplinarios dentro de los sistemas agrícolas está aumentando (Kirsten, 2008; Spelt *et al.*, 2010), destacando su importancia en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2015). Este artículo se enfoca únicamente en la investigación socioecológica como un trabajo interdisciplinario. En los estudios socioecológicos, los proyectos de investigación “social” son aquellos en el campo de las ciencias sociales que se centran en los seres humanos y sus valores, preferencias, percepciones y decisiones (Yousaf, 2012). Los proyectos de investigación “ecológicos” son aquellos que estudian los organismos, el medio ambiente y sus relaciones. Esto incluye el estudio de las poblaciones de plantas y animales, las comunidades y los ecosistemas, y todas las formas de biodiversidad. Dentro de cada disciplina existen numerosos enfoques de estudio y metodologías posibles para llevar a cabo la investigación. Para lograr una socioecológica verdaderamente interdisciplinaria, la información, los métodos y las perspectivas deben integrarse y sintetizarse a lo largo de todo el proceso de investigación (Beichler *et al.*, 2014). Las revisiones previas requieren mayor investigación sobre el trabajo interdisciplinario en cultivos de importancia mundial (van Noorden, 2015), pero se desconoce el estado actual de la investigación socioecológica interdisciplinaria sobre la palma de aceite. Para comprender la amplitud y profundidad de esta investigación, se requiere una revisión de mapeo.

- Este artículo adopta un enfoque de mapeo sistemático con los siguientes objetivos principales:
- Determinar cómo el número de estudios ecológicos, sociales y socioecológicos sobre el cultivo de la palma de aceite ha cambiado con el tiempo.
- Identificar los contextos de estudio e intervenciones predominantes en la investigación ecológica, social y socioecológica sobre el cultivo de la palma de aceite, y cómo han cambiado con el tiempo.
- Examinar las diferencias y similitudes en el contexto de la investigación común, la metodología de estudio y el enfoque de la intervención entre

los estudios ecológicos, sociales y socioecológicos sobre el cultivo de la palma de aceite.

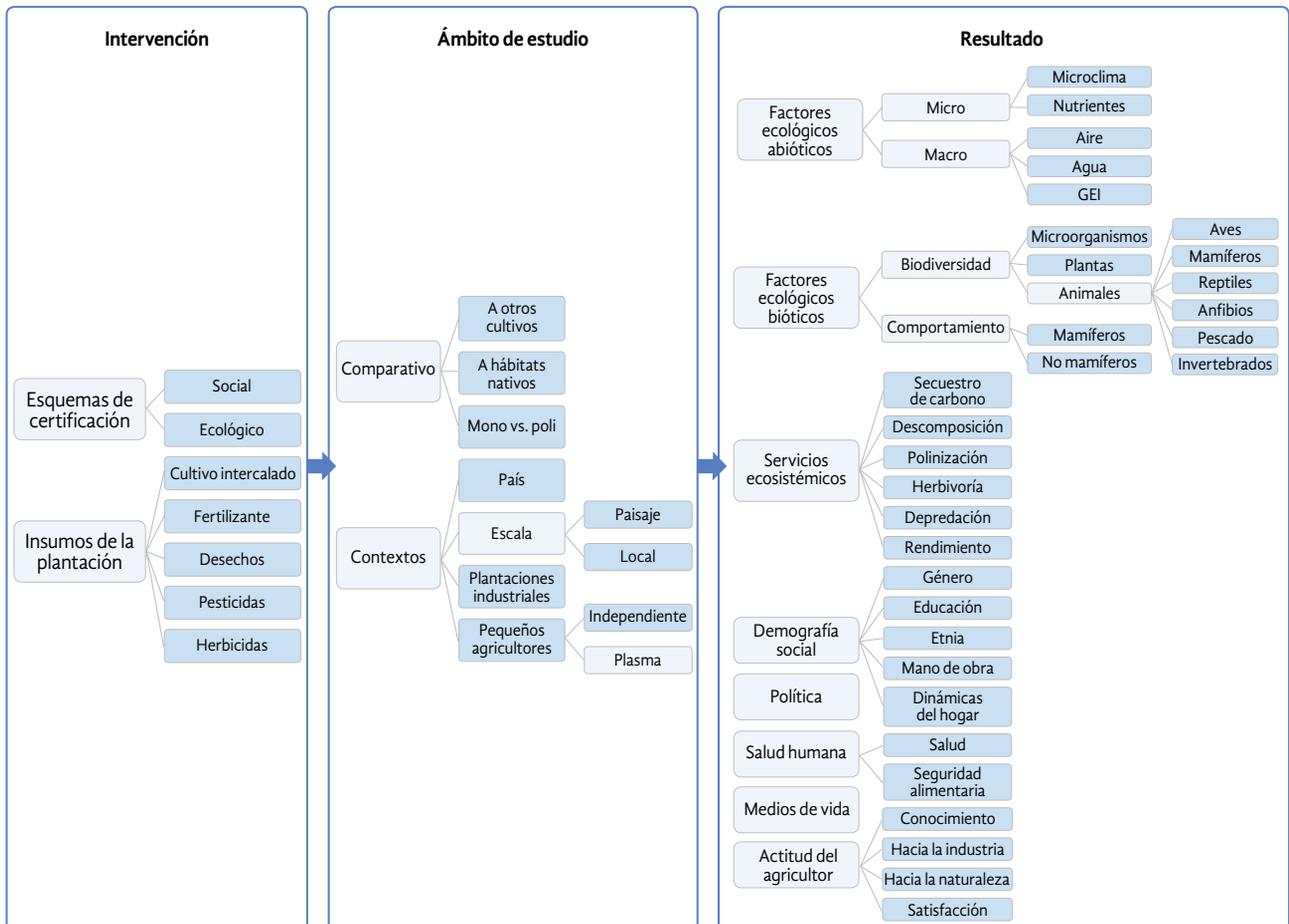
- Identificar brechas en la base de evidencia que representan las prioridades de investigación.

2. Metodología

Se utilizó un enfoque de mapeo sistemático para cuantificar la cantidad de investigación social, ecológica y socioecológica existente sobre el cultivo de la palma de aceite e identificar brechas en la literatura. El mapeo sistemático utiliza un procedimiento detallado y establecido para identificar, clasificar y describir un conjunto de pruebas (James *et al.*, 2016). En los mapas

sistemáticos, la calidad de la evidencia no siempre se evalúa (“evaluación crítica”), sino que proporcionan una medida del grado actual en que se ha realizado la investigación. Los métodos fueron adaptados de las Pautas de Revisión Sistemática de la Colaboración para la Evidencia Ambiental (Pullin *et al.*, 2018), los estándares de presentación de informes para la síntesis sistemática de evidencia de protocolos de mapas sistemáticos (Haddaway *et al.*, 2018) y las Pautas de Evidencia sobre Conservación de Cambridge (Shackelford *et al.*, 2019). Se aplicó un enfoque gradual para el proceso de búsqueda, el cual está basado en el diagrama de flujo para mapas sistemáticos detallados en los elementos de reporte preferidos para revisiones sistemáticas y metaanálisis (Moher *et al.*, 2009) Figura 1,

Figura 1. Codificación utilizada en la clasificación de publicaciones por ‘intervención’, ‘alcance del estudio’ y ‘resultado’. Las categorías al final de su línea jerárquica en azul oscuro son las que se utilizan para la clasificación final (‘códigos’). GEI = gases de efecto invernadero, mono vs. poli = monocultivo versus policultivo



información complementaria A). Este enfoque implica la búsqueda en múltiples bases de datos, la eliminación de los duplicados y la evaluación de la relevancia a nivel de título, resumen y texto completo.

2.1 Definición de la cadena de búsqueda

Antes de realizar la búsqueda inicial o de establecer una cadena de búsqueda, se seleccionó un conjunto de 10 “documentos de referencia” mediante la consulta a 11 expertos en investigación sobre la palma de aceite (información complementaria B (disponible en línea en stacks.iop.org/ERL/6/063002/mmedia)). Los expertos incluyeron a participantes en estudios de investigación sobre palma de aceite de alto perfil y académicos con experiencia en el tema. Los documentos de referencia representaron las 10 publicaciones más comúnmente sugeridas que ejemplifican la investigación interdisciplinaria sobre los efectos socioecológicos del cultivo de la palma de aceite. Luego, estos documentos se utilizaron para establecer y verificar la cadena de búsqueda, como se describe a continuación.

La cadena de búsqueda consistió en tres partes: definición del tema (palma de aceite), definición del contexto de la intervención (en la etapa de cultivo desde la plantación hasta la cosecha) y definición del resultado (ecológico, social, socioecológico). Se construyeron tres cadenas distintas para producir tres búsquedas distintas: el efecto ecológico, social y socioecológico del cultivo de la palma de aceite (Tabla 1). Los términos en la cadena de búsqueda se determinaron a través de una revisión de títulos, resúmenes y palabras clave en los documentos de referencia, lo que resultó en 16 términos básicos. Posteriormente, se realizó una búsqueda de sinónimos y ortografías alternativas para estos términos, utilizando el Diccionario de Inglés de Oxford (Oxford University Press, 2020), que dio un total de 73 palabras potenciales. Luego, se usaron en un ejercicio de alcance utilizando ISI Web of Science, en el que se analizaron términos que contribuyeron con menos de 1 % de artículos relevantes de un subconjunto de resultados. Posteriormente, se vincularon los 32 términos de búsqueda relevantes resultantes utilizando los operadores booleanos “O” e “Y”. Se consideró la cadena de búsqueda verificada una vez que se localizaron todos los artículos de referencia utilizando estos términos.

2.2 Búsquedas

Se buscaron en revistas revisadas por pares utilizando ISI Web of Science el 15 de enero de 2021. Se recuperaron un total de 4.696 artículos usando las 3 cadenas de búsqueda antes de contabilizar los duplicados: 2.203 de la ecológica, 1.478 de la social y 1.015 de la socioecológica. Una gran cantidad de investigación interdisciplinaria en particular se informa en la “literatura gris”, como informes y disertaciones doctorales (Lawrence *et al.*, 2015). Se encontró literatura gris a través del motor de búsqueda EThOS (E-Theses Online Service, The British Library, 2020), Open Grey (INIST-CNRS, 2020) y una búsqueda manual de la literatura referenciada a partir de los documentos de referencia utilizando un “diseño de bola de nieve”. Este implica compilar las publicaciones relevantes a partir de las bibliografías de los documentos de referencia, y luego buscar las citas de las publicaciones resultantes para encontrar trabajos destacados adicionales (Naderifar *et al.*, 2017). El muestreo de bola de nieve se completó cuando no se produjeron nuevas publicaciones relevantes. También se buscaron títulos relevantes en las bibliografías de documentos de revisión clave (Fitzherbert *et al.*, 2008; Foster *et al.*, 2011; Obidzinski *et al.*, 2012; Savil-aakso *et al.*, 2014; Dislich *et al.*, 2017; Qaim *et al.*, 2020), lo que resultó en 147 nuevos títulos. Después de eliminar 711 duplicados, quedaron 5.232 títulos únicos (Figura 1, información complementaria A).

2.3 Inclusión/exclusión

Las publicaciones recuperadas se seleccionaron en tres etapas: título solamente, resumen y, cuando fue necesario para obtener la información de clasificación completa que se requería, el texto completo. Al examinar los artículos para determinar su relevancia, se aplicaron una serie de criterios de inclusión y exclusión consistentemente (Tabla 2). Estos se establecieron siguiendo a Methley *et al.* (2014), utilizando una adaptación en el modelo de revisión PICOS: población, intervención, comparativo, resultados y diseño del estudio (por sus siglas en inglés). En el modelo PICOS, la población es el sujeto de la investigación, la intervención es la acción o decisión potencial que se está estudiando, el comparativo es el tipo de comparaciones que realiza el estudio, el resultado son los efectos de la intervención en la población y el diseño del estudio es el tipo de investigación in-

Tabla 1. Cadenas utilizadas para las tres búsquedas independientes en Web of Science. En una búsqueda avanzada, 'TS' define los términos del tema para la búsqueda, y un asterisco (*) representa un truncamiento que recupera palabras con variante cero a muchos caracteres (es decir, enferm* incluirá enfermedades, enfermo, enfermedades, etc.).

Enfoque de búsqueda	Cadena de búsqueda
Ecológico	TS = (oil palm O palm oil O <i>Elaeis guineensis</i>) y TS = (agricultur* O cultivat* O crop*) Y TS = (ecosystem* O environment* O ecolog* O habitat O biodiver* O divers* O function* O deforest* O conservation O sustainab*)
Social	TS = (oil palm O palm oil O <i>Elaeis guineensis</i>) y TS = (agricultur* O cultivat* O crop*) y TS = (socio* O attitude* O choice* O perception* O decision O preference O behavio* O knowledge O income O livelihood* O wellbeing O well-being O welfare O development O household OR farmer*)
Socioecológico	TS = (oil palm OR palm oil OR <i>Elaeis guineensis</i>) Y TS = (agricultur* O cultivat* O crop*) Y TS = (ecosystem* O environment* O ecolog* O habitat O biodiver* O divers* O function* O deforest* O conservation O sustainab*) Y TS = (socio* O attitude* O choice* O perception* O decision O preference O behavio* O knowledge O income O livelihood* O wellbeing O well-being O welfare O development OR household O farmer*)

cluido en la revisión (Pullin y Stewart, 2007). Solo se incluyeron publicaciones que: (a) se centraron en los efectos ecológicos y/o sociológicos del cultivo de la palma de aceite, (b) investigaron los efectos de las intervenciones aplicadas únicamente en la etapa de cultivo de la producción de palma de aceite y (c) informaron los estudios primarios. No se aplicó ninguna restricción de fecha y, debido a las limitaciones de recursos, únicamente se consideraron las publicaciones disponibles en inglés.

Antes de la selección de exclusión, se realizó una elección de prueba con un segundo investigador en el 10 % de los resultados de la búsqueda. Para evitar el sesgo interpretativo, los 2 investigadores procedían de entornos diferentes, pero ambos trabajaron en el campo relevante del estudio sobre la palma de aceite (MacCoun, 1998). Se realizó una verificación de consistencia entre revisores tanto en la etapa de título como en la de resúmenes utilizando la Kappa (*k*) de Cohen (Carletta, 1996). Si ocurría una discrepancia, la publicación se marcaba y guardaba para su posterior estudio y discusiones. A partir de estas discusiones, adaptamos y aclaramos los criterios de inclusión/exclusión (Tabla 2). El valor inicial de *k* de Cohen fue 0,47 después de seleccionar 100 títulos. Al repetir el ejercicio, se alcanzó un valor *k* de Cohen de 0,740 en el título y 0,843 a nivel de resumen, superando la directriz frecuentemente utilizada de 0,60 (Collaboration for Environmental Evidence, 2013).

Después de seleccionar los títulos, quedaron 1.107 de los 4.959 registros (Figura 1, información complementaria A). Estas publicaciones se refinaron aún más utilizando los mismos criterios de inclusión/exclusión para estudiar los resúmenes. Después de seleccionarlos, quedaron 453 elementos. Debido al alto volumen de información relevante capturada y las limitaciones de recursos, el artículo completo solo se examinó cuando había dudas sobre la relevancia o para obtener información de clasificación adicional necesaria para esta publicación. Se eliminaron 10 publicaciones donde no se pudo recuperar el texto completo y las 443 publicaciones restantes continuaron en la clasificación (información complementaria C).

2.4 Clasificación y codificación

Se utilizaron palabras clave con respecto a intervenciones comunes, comparativos, alcances del estudio y resultados para describir, clasificar y codificar las publicaciones. Para la clasificación de estos se basaron en los mismos conceptos que se usaron en los criterios de inclusión/exclusión (Tabla 2). Las palabras clave iniciales se determinaron a través de nuestro conocimiento de la investigación sobre la palma de aceite y enumerando los temas comunes y las metodologías de investigación vistas a partir de los documentos de referencia. Para ampliar estas categorías, se leyeron los resúmenes de los primeros 100 registros con enfoque social y los primeros cien registros

con enfoque ecológico, ordenados alfabéticamente, para extraer temas de investigación prevalentes. Esto dio como resultado 39 categorías iniciales. Los autores de los 10 documentos de referencia proporcionaron retroalimentación sobre el esquema de clasificación propuesto y sugirieron agregar 9 categorías adicionales. Para mayor claridad, se organizaron los temas en 3 categorías distintas: “ecológica”, “social” y “enfoque de estudio” (Figura 1). Dentro de esto, se desarrolló una jerarquía de temas y cada uno culminó en un nivel final utilizado para clasificar las publicaciones (en lo sucesivo denominado “código”). Los estudios podían encajar en múltiples categorías

y se les asignaron todos sus códigos relevantes en todas las secciones. Para cada publicación, también se registró el país en el que se realizó el estudio.

2.5 Visualización y análisis de datos

La manipulación y visualización de datos se realizó en R y utilizando el R studio (R Core Team, 2020; RStudio Team, 2020). Se utilizó el paquete ggplot2 para la visualización de datos de tendencias en la literatura (Wickham, 2016). Se utilizaron los paquetes ggplot2, reshape2 (Wickham, 2007) y cooccur (Griffith, 2016) para construir mapas de calor.

Tabla 2. Tabla de criterios de inclusión y exclusión para las publicaciones recuperadas.

Elemento de búsqueda	Inclusión	Exclusión
Población (sujeto)	Estudios sobre algún aspecto de la ecología y/o sociología de las plantaciones de palma de aceite y sus entornos circundantes (terrestres y acuáticos). Incluye investigaciones realizadas en todos los países.	Estudios sobre otros cultivos, investigación genética o celular.
Intervención	Todas las intervenciones con la intención de afectar factores ecológicos o sociológicos, llevadas a cabo en la etapa de cultivo de la producción de aceite de palma. Se incorporan las acciones tomadas por investigadores, agricultores, propietarios industriales u otros participantes involucrados. Esto incluye, pero no se limita a insumos como la aplicación de fertilizantes y herbicidas, la implementación de esquemas de certificación, las intervenciones del gobierno para aumentar la participación de las mujeres y las opciones tomadas con respecto a la estructura del cultivo y la plantación.	Intervenciones en otras etapas de la línea de producción, incluidas las etapas de procesamiento o consumo.
Comparativo (contexto)	Se incluyeron estudios comparativos y no comparativos. Las comparaciones incluyeron: comparaciones a lo largo del tiempo, entre grupos de control e intervención, entre intervenciones, con otros usos del suelo (bosques, otros cultivos).	
Resultado	Cualquier efecto medido sobre los factores ecológicos y/o sociológicos. Se consideraron los efectos del cultivo en cualquier componente biótico o abiótico del ecosistema, incluidos los gases de efecto invernadero y los sistemas hídricos. Los efectos en los factores sociológicos incluyeron los del cultivo de la palma de aceite en los medios de vida de los agricultores, las actitudes hacia la naturaleza o la seguridad alimentaria.	Efectos sobre los elementos ajenos al área de cultivo, sobre el PIB del país o las tasas de deforestación regional.
Diseño del estudio	Solo se incluyeron estudios de investigación primaria. Se incluyeron estudios correlativos y manipulativos.	Modelos predictivos, marcos metodológicos o nuevos enfoques de investigación, artículos de revisión o narrativas.
Fecha	No se aplicaron restricciones de fecha.	
Idioma	Únicamente inglés, debido a limitaciones de recursos.	

3. Resultados

3.1 Características de los estudios incluidos

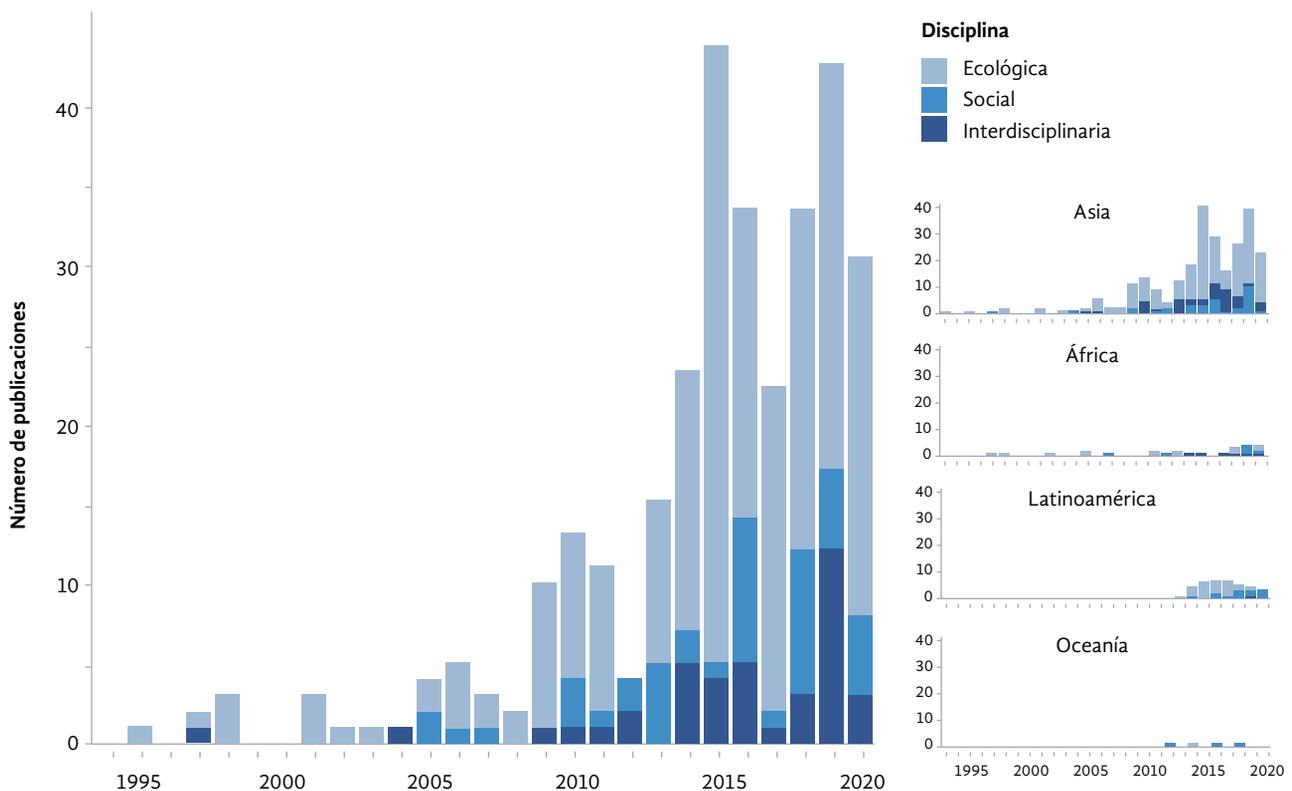
3.1.1 Distribución de publicaciones y enfoque disciplinario a lo largo del tiempo

El primer estudio identificado en la búsqueda inicial antes de la selección se publicó en 1980 y el primer estudio relevante en 1993 (Figura 2). Entre 1993 y el 31 de diciembre de 2020 se publicaron un total de 371 investigaciones relevantes. Más de 70 % de estas eran puramente ecológicas, el 19 % se centraba solo en las disciplinas sociales y menos de 10 % de los estudios incluían componentes de ambas disciplinas. Ha habido un rápido aumento en las publicaciones relevantes con el tiempo. Entre 1993 y 2000, solo se produjeron 8 estudios relevantes, 7 de los cuales tenían un enfoque ecológico y 1 mencionaba factores

sociales y ecológicos. En la siguiente década, se produjeron 55 artículos relevantes; una vez más, la mayoría (76 %) tenía un enfoque ecológico.

En los últimos 10 años ha habido un gran aumento en el número de publicaciones producidas, con 86 % de los estudios relevantes elaborados desde 2010. El número de estudios socioecológicos interdisciplinarios también se han acelerado, con una mayor producción solo en 2019 (12) que la realizada en 20 años entre 1993 y 2013 (Figura 2). En los últimos 5 años, aproximadamente 10 % de las publicaciones fueron interdisciplinarias. Para todas las regiones, la mayoría de los estudios se centraron en los efectos ecológicos del cultivo de la palma de aceite. Más de 70 % en Asia, 71 % en América Latina, 50 % en África y 72 % en Oceanía se centraron en los resultados ecológicos. La mayoría (75 %) de los 40 estudios interdisciplinarios se realizaron en Asia.

Figura 2. Las barras apiladas muestran cambios en el enfoque de la investigación sobre el cultivo de la palma de aceite entre 1993 y 2020. El número de publicaciones pertinentes recuperadas está separado por el enfoque disciplinario. La gráfica anidada muestra el número de publicaciones y el cambio en el enfoque disciplinario en cada región con el tiempo



3.1.2 Distribución del enfoque geográfico a lo largo del tiempo

El primer estudio relevante se realizó en Asia, con un intervalo de 5 años, hasta que se hizo una publicación en otra región (África, en 1998). Todas las zonas registraron un aumento de las publicaciones después de 2010 (Figura 3). Aproximadamente dos tercios (326) de los 443 estudios se realizaron en Asia; el 15 % se realizaron en América Latina, el 8 % en África, el 1 % en Oceanía, y solo 2 investigaciones realizadas en múltiples regiones (Figura 3). Tanto la producción mundial de aceite de palma (FAO, 2020) como el número total de publicaciones aumentaron de 1993 a 2020 (Figura 3). El año de menor producción (1993) también fue el de menos publicaciones. Del mismo modo, el año de mayor producción (2019) fue el que tuvo más publicaciones.

Incluyendo todas las disciplinas, 161 estudios ocurrieron en Malasia y 145 en Indonesia, lo que representa 36 % y 33 % de todos los estudios, respectivamente (Figura 4). El tercer país con más estudios fue Brasil, con 21. Mientras que 6 países asiáticos, 8 latinoamericanos, 9 africanos y 1 país oceánico estuvieron representados en el conjunto de datos. Nicaragua, Panamá, Senegal y Tanzania estuvieron representados con una sola publicación. Solo en 2019 se realizaron casi el doble de estudios en Malasia que, en toda África, de 1993 a 2020.

En general, los niveles de publicación en todos los países reflejaron los patrones de producción de aceite de palma, siguiendo la clasificación de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) de 2018 (FAO, 2020), pero con varias diferencias clave. Por ejemplo, hubo más

Figura 3. Las barras apiladas muestran el número de publicaciones sobre el cultivo de la palma de aceite entre 1993 y 2020, separadas por región geográfica de estudio. Los puntos superpuestos muestran una producción mundial anual de aceite de palma de 1.000 toneladas entre 1993 y 2020 (FAO, 2020). Fuente: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Reproducido con permiso de la FAO (2020)

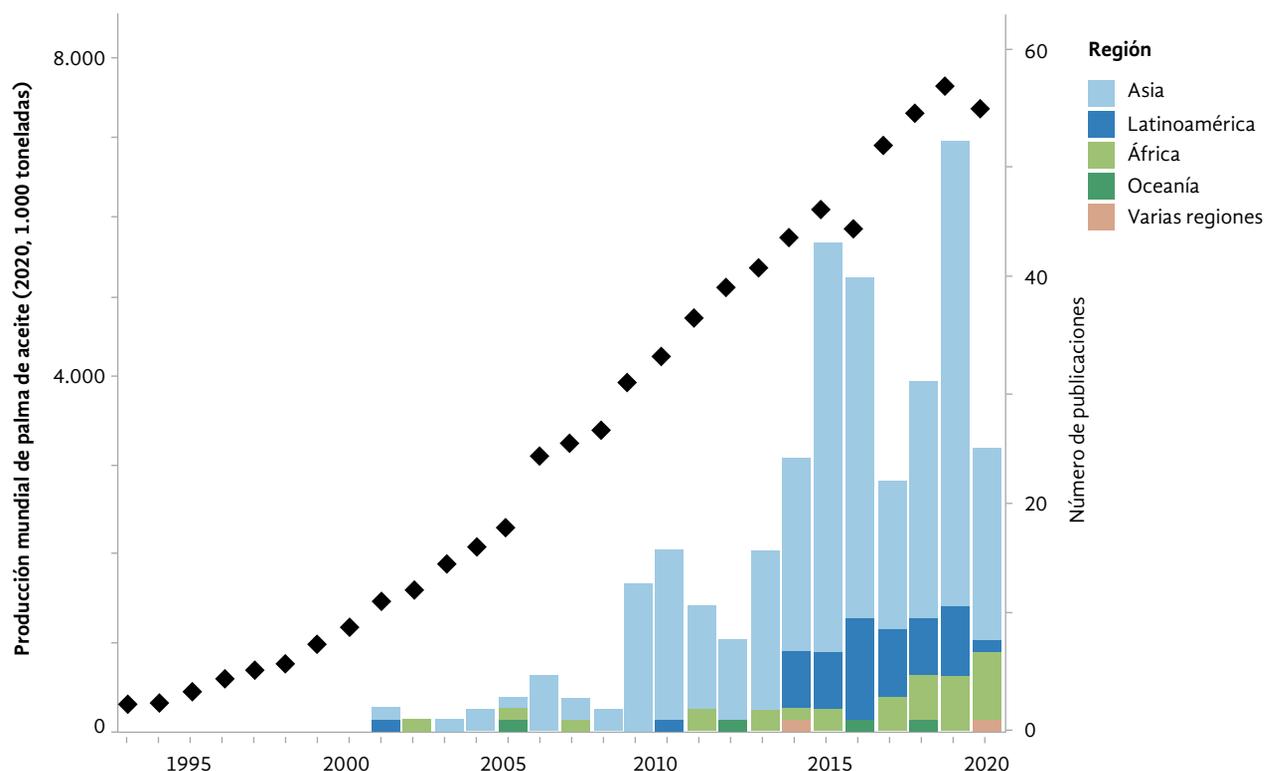
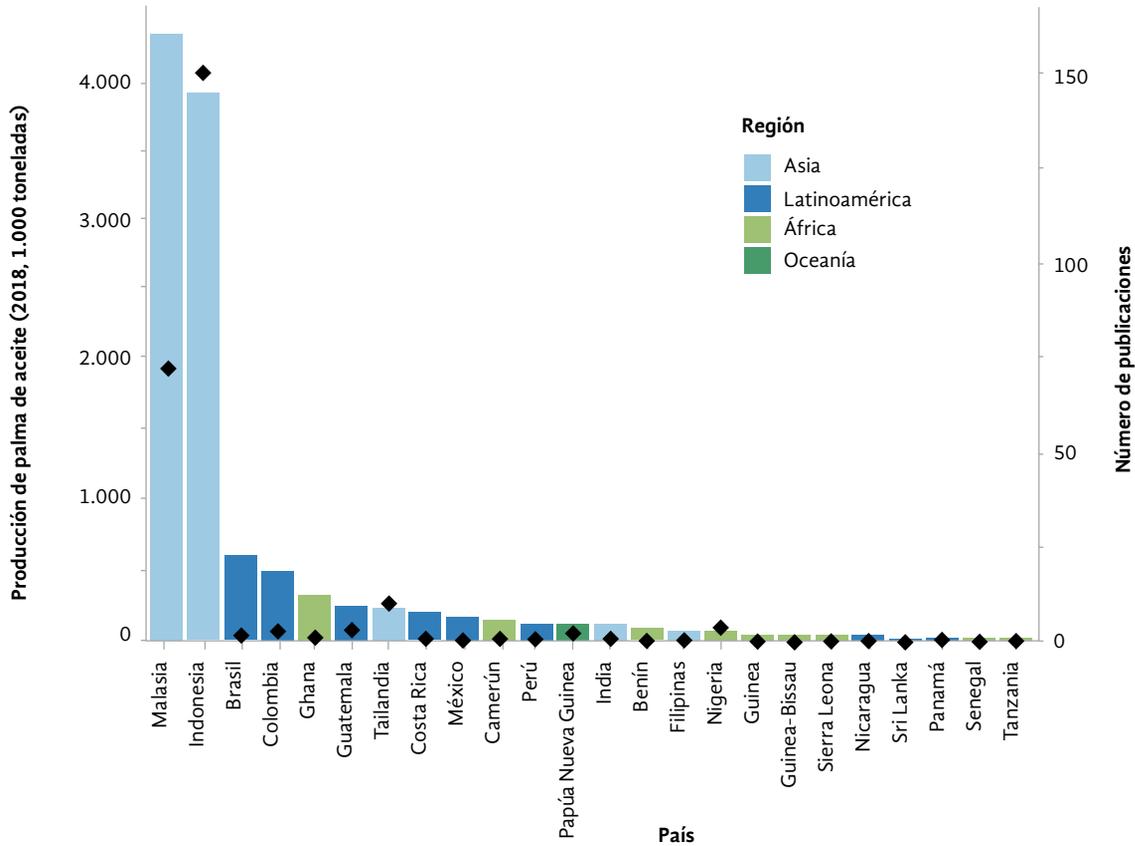


Figura 4. Las barras muestran el número de publicaciones sobre el cultivo de la palma de aceite realizadas en cada país de 1993 a 2020. Los puntos superpuestos muestran la producción anual de aceite de palma para cada país en 2018 en 10.000 toneladas (FAO, 2020). Fuente: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Reproducido con permiso de la FAO (2020)



publicaciones sobre Malasia que sobre Indonesia, aunque actualmente Indonesia tiene una mayor producción de aceite de palma. El tercer país con mayor producción, Tailandia, fue solo el séptimo en publicaciones de investigación. Nigeria fue cuarto en producción global, pero tuvo menos publicaciones que otros 15 países. Los tres países de menor producción que se incluyeron en la literatura fueron Guinea Bissau, Senegal y Sri Lanka. Los países en el séptimo (Ecuador), octavo (Costa de Marfil) y noveno (Honduras) lugar en producción de aceite de palma no tuvieron representación en la literatura.

3.1.3 Ocurrencias de diferentes ámbitos de estudio

El contexto de estudio más común fue las plantaciones industriales, que representan el 53 % de las

377 publicaciones donde se especificó el tipo de plantación (Figura 5). El 35 % de las publicaciones se enfocaron en pequeños productores independientes y el 12 % restante de hace referencia a pequeños productores de plasma. El 14 % de las 443 publicaciones no mencionaron el tipo de plantación que se está estudiando en ningún punto del texto. La mayoría de las intervenciones se investigaron a escala local (57 %), lo que refleja intervenciones a menor escala dentro de la finca, en lugar de ser a mayor escala paisajística. Las intervenciones más comúnmente estudiadas fueron la aplicación de fertilizantes (35 % de los estudios de intervención), contribuyendo con más estudios que todos los otros insumos de manejo directo (aplicación de desechos, uso de pesticidas, uso de herbicidas) combinados (Figura 6). Los programas de certificación se investigaron 18 veces y la mayoría de las investigaciones

(64 %) informaron sobre los efectos ecológicos. En el 64 % de las publicaciones, se utilizó un comparativo. El comparativo más común en estos estudios fue los hábitats nativos (59 %), aunque las comparaciones con otros cultivos también fueron comunes. El 58 % de los estudios compararon la palma de aceite con el cultivo de caucho, y el 7 % con otros cultivos de biocombustibles tropicales, incluidos la yuca, la jatropha y la caña de azúcar. Las comparaciones entre plantaciones de monocultivo y policultivo fueron raras, con solo 10 estudios identificados.

3.1.4 Resultados examinados

Los resultados informados con mayor frecuencia fueron los efectos en los medios de vida de los agricultores (75), el rendimiento (74) y la biodiversidad de invertebrados (72) (Figura 7). En general, 35 % de las

publicaciones informó sobre los resultados sociales, los ecológicos se informaron de forma independiente o en combinación con otros resultados en 65 % de las publicaciones. Los datos sobre biodiversidad se informaron con una frecuencia 1,5 veces mayor (228) que los datos sobre los servicios ecosistémicos (148). De las 228 publicaciones sobre biodiversidad incluidas, los estudios se realizaron con mayor frecuencia en invertebrados (32 %), aves (21 %) y mamíferos (17 %). Los estudios de comportamiento se centraron en los mamíferos el 70 % de las ocurrencias. De las 148 publicaciones sobre servicios ecosistémicos, los servicios más comúnmente investigados fueron el rendimiento (50 %) y el secuestro de carbono (29 %). Todos los demás servicios combinados contribuyen aproximadamente a 20 % de los resultados reportados para servicios ecosistémicos. La polinización fue estudiada con menos frecuencia. El resultado social

Figura 5. Contexto del estudio, comparativo y códigos de intervención y sus respectivas ocurrencias en las publicaciones. Las publicaciones pueden aparecer en más de un código, ya que el alcance general del estudio a menudo incluye varios factores. No se requirió que estas contuvieran un contexto, comparativo o intervención, y algunos estudios no están representados en estos códigos. Los códigos se organizan de acuerdo con las agrupaciones de 'Intervención', 'Comparativo' y 'Contexto del estudio' determinadas en la metodología (Figura 1)

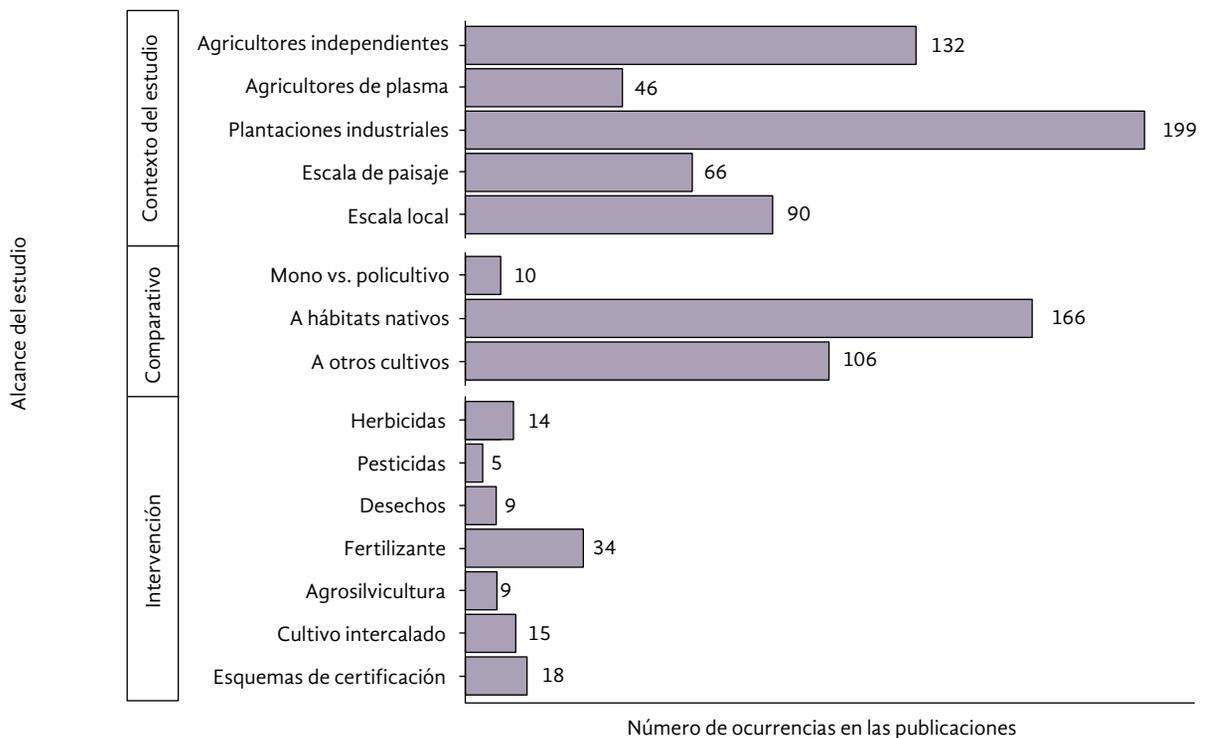
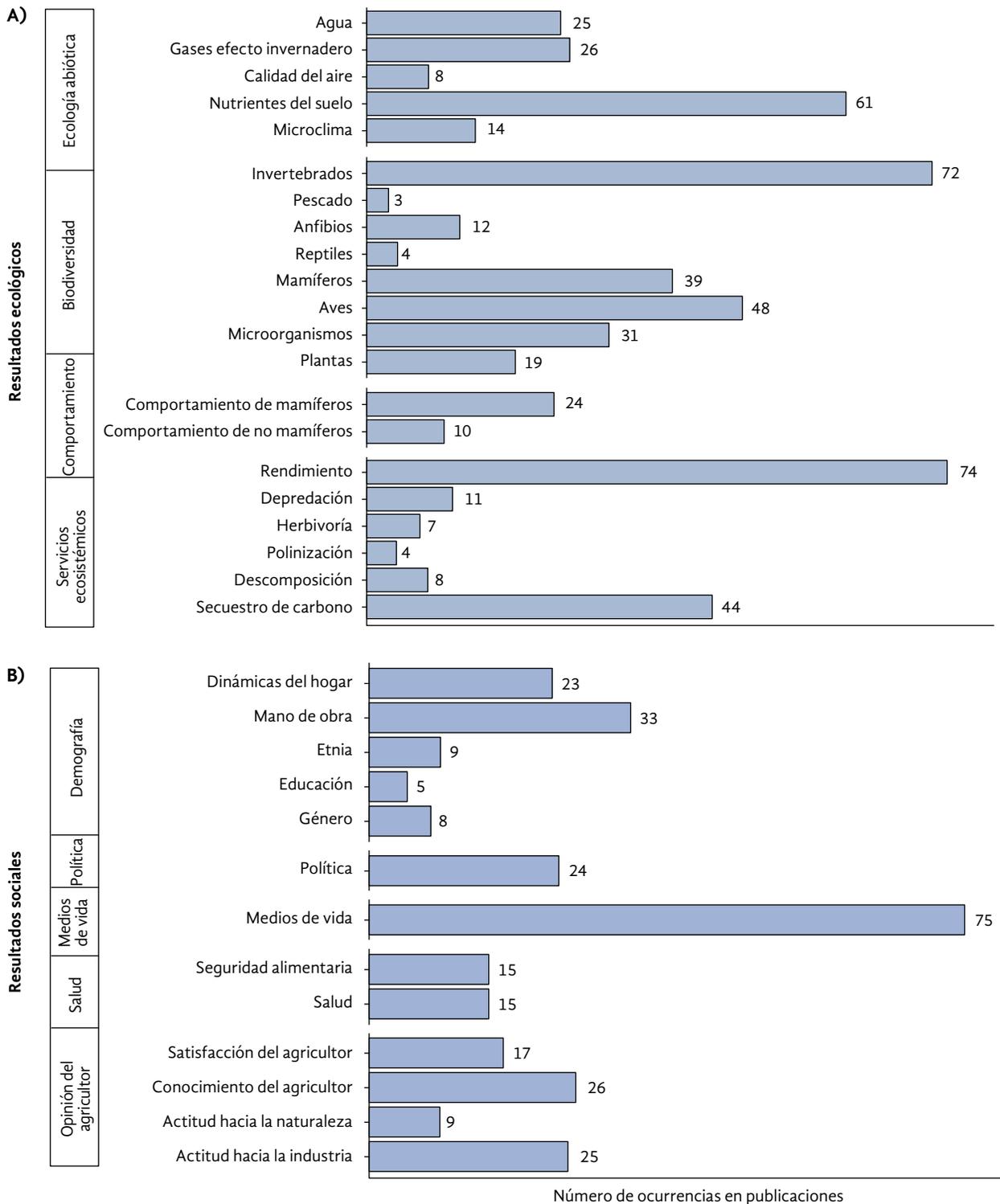


Figura 6. Frecuencia de los factores de resultado examinados en todas las publicaciones incluidas. Como muchos estudios examinaron más de un resultado, los artículos pueden aparecer en más de un código. A) Frecuencia con la que se examinó cada resultado ecológico en las publicaciones. B) Frecuencia con la que se examinó cada resultado social en las publicaciones. Los códigos se organizan de acuerdo con las agrupaciones determinadas en la metodología, ver información complementaria A, Figura 1



más mencionado fue la subsistencia (75). Los factores demográficos se nombraron 78 veces dentro de los estudios, con más de 42 % de las ocurrencias provenientes de análisis sobre los efectos del cultivo en la dinámica del trabajo. La opinión del agricultor se registró 77 veces. La actitud hacia la industria (32 %) y el conocimiento de los agricultores (33 %) se investigaron con mayor frecuencia que la satisfacción de los agricultores (122 % [SIC]) y la actitud hacia la naturaleza (12 %).

3.2 Coocurrencia del ámbito del estudio y los resultados

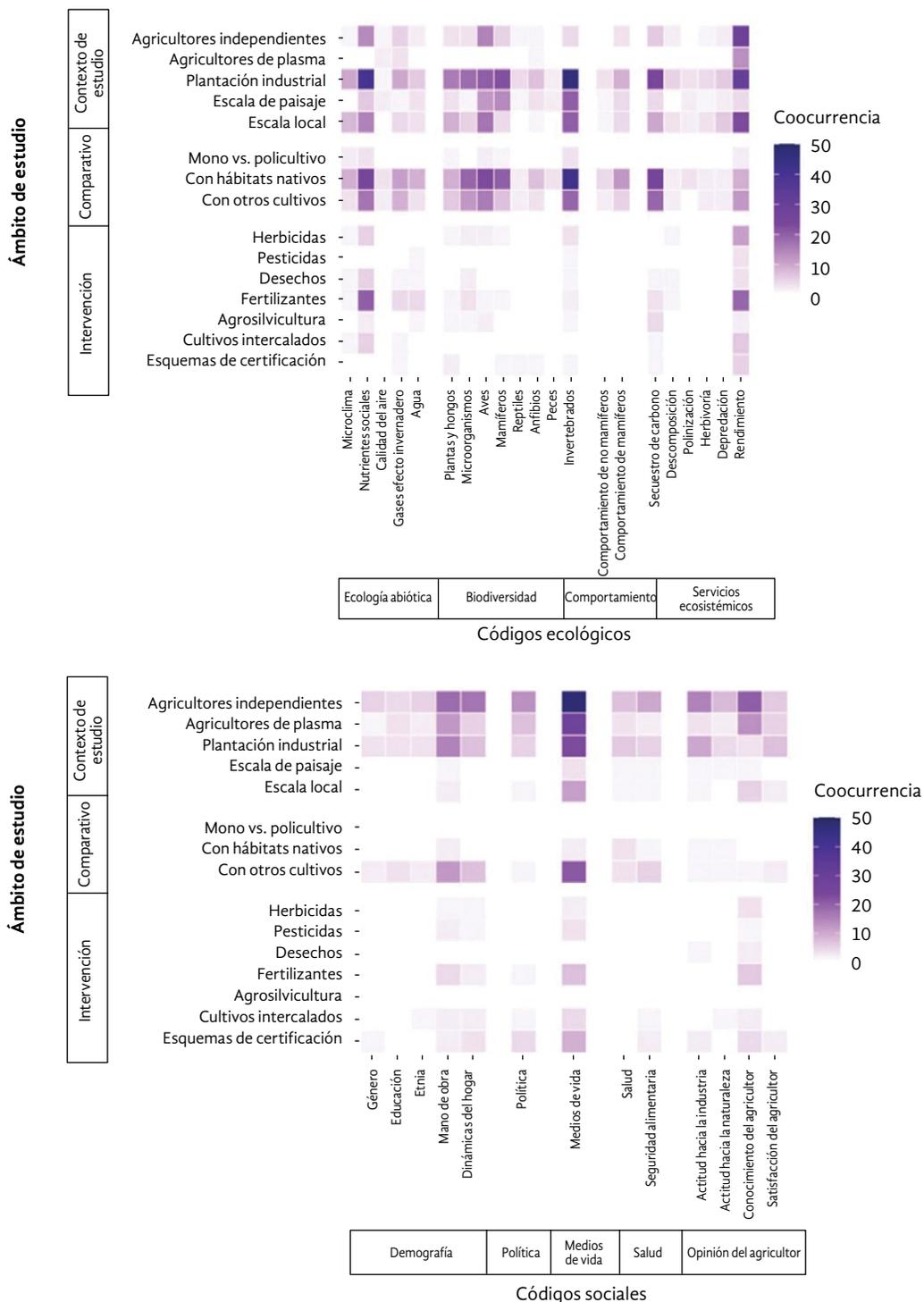
En los estudios ecológicos, las plantaciones industriales se investigaron casi 1,5 veces más que las de pequeños agricultores (Figure 6A). Las granjas de plasma solo contribuyeron con el 5 % de las publicaciones sobre ecología. Los resultados ecológicos se estudiaron 2 veces más a escala local que a escala de paisaje. La combinación más común de comparativo y resultado fueron los estudios sobre la biodiversidad de invertebrados en las plantaciones de palma de aceite en comparación con los hábitats no modificados (31 estudios). Las siguientes combinaciones más comunes fueron sobre el secuestro de carbono (25) y la biodiversidad de aves (23) en comparación con los hábitats nativos. Las comparaciones con hábitats nativos contribuyeron a 60 % de los estudios ecológicos comparativos. Las comparaciones de los efectos ecológicos de las plantaciones de monocultivo o policultivo fueron raras, con solo 14 ocurrencias. La combinación más común de intervenciones y resultados ecológicos fue el efecto del fertilizante en los nutrientes del suelo (20) y el fertilizante en el rendimiento (19). Estas fueron las únicas 2 combinaciones de resultado e intervención que se vieron más de 10 veces en la literatura. Los estudios sobre el efecto de cualquiera de las intervenciones en la biodiversidad de los peces estuvieron ausentes, y los efectos de las intervenciones en la biodiversidad de reptiles o anfibios se vieron solo una vez. El único efecto de los esquemas de certificación sobre los servicios ecosistémicos fueron los efectos en el rendimiento y el secuestro de carbono, y el secuestro de carbono solo se estudió 2 veces en este ámbito. No hubo publicaciones sobre el efecto de ninguna de las 7 intervenciones en la polinización, la herbivoría o la depredación. Todas las intervenciones se estudiaron con una frecuencia que es 2 veces mayor para los resultados ecológicos que para los sociales (Figuras 6A y 6B).

En contraste con los estudios ecológicos, el tipo de plantación más común utilizado para los estudios sociales fueron las plantaciones de pequeños agricultores independientes (49 %) (Figura 7B). Las granjas industriales se utilizaron con una frecuencia un poco mayor (26 %) que las plantaciones de plasma (24 %). En los estudios sociales, la escala local de investigación también fue más común que la escala de paisaje terrestre. Mucho menos estudios utilizaron comparativos para conceptos sociales que ecológicos, con coocurrencias en todas las combinaciones potenciales 5 veces más comunes en los estudios ecológicos (Figura 6). En los estudios que utilizaron comparaciones para los resultados sociales, las comparaciones con otros cultivos fueron las más comunes (61 %). No hubo estudios que compararan los efectos de monocultivos frente a policultivos en los resultados sociales. El género, la educación, la salud humana y la actitud hacia la naturaleza no se vieron en combinación con ninguna de las 7 intervenciones. Las combinaciones más comunes de intervención y resultados sociales fueron fertilizantes y medios de vida (7), seguido por fertilizantes y conocimientos de los agricultores (6). Los efectos de los esquemas de certificación como intervención se estudiaron con una frecuencia 5 veces mayor para los resultados sociales que para los resultados ecológicos. El género, la educación, la salud humana y la satisfacción del agricultor no se vieron en combinación con ninguna de las 7 intervenciones.

3.3 Coocurrencia de dimensiones ecológicas y sociales

Las combinaciones más comunes de resultados sociales y ecológicos fueron los medios de vida y el rendimiento (19), el conocimiento y el rendimiento de los agricultores (10) y la dinámica laboral y el rendimiento (6) (Figura 8). El rendimiento fue el resultado más frecuente en los estudios interdisciplinarios, visto en 52 publicaciones. El medio de vida fue el resultado social más común en los estudios interdisciplinarios (35), seguido del conocimiento del agricultor (16). El género, la etnia, las condiciones microclimáticas, la biodiversidad de reptiles, plantas y anfibios, la herbivoría y la descomposición estuvieron ausentes de cualquier estudio interdisciplinario. La mano de obra, la dinámica de los hogares, la política y la actitud hacia la industria solo aparecen en los estudios interdisciplinarios cuando se combinan con el rendimiento. De un potencial de 273 combinaciones

Figura 7. El vínculo entre el ámbito del estudio y el resultado examinado para las 443 publicaciones. A) Coocurrencias en la literatura relevante de los factores de ámbito del estudio y los resultados ecológicos. B) Coocurrencias en la literatura relevante de los factores de ámbito del estudio y los resultados sociales. El color de las celdas refleja el número total de artículos recuperados con cada combinación de alcance/ resultado. Cuanto más oscuro es el color de las celdas, mayor es la frecuencia de los artículos. Una publicación individual puede caer en múltiples celdas. Los códigos se organizan de acuerdo con las agrupaciones determinadas en la metodología, ver información complementaria A, Figura 1



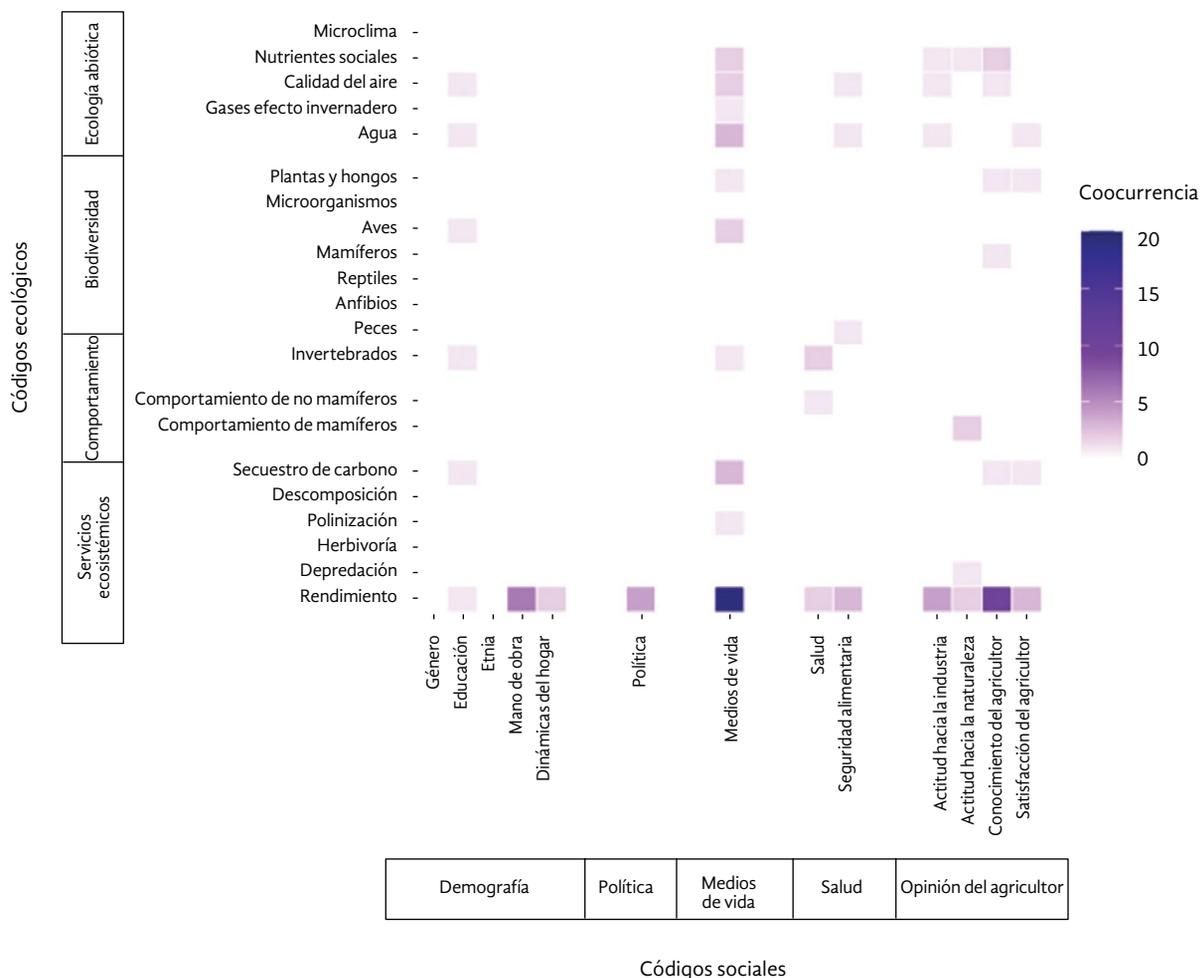
interdisciplinarias, solo ocurrieron 42. De estas 42, solo 17 combinaciones se encontraron en más de una publicación.

4. Discusión

El estudio proporciona un mapa actualizado que cuantifica el estado actual de la investigación ecológica, social y socioecológica sobre el cultivo de la palma de aceite. Se identificó un aumento reciente en el número de publicaciones en varias disciplinas

y continentes, pero una falta continua de análisis interdisciplinarios y una propensión hacia publicaciones basadas en Asia. Las disciplinas difirieron en el ámbito del estudio, ya que la investigación sobre estudios ecológicos se realizó principalmente en plantas industriales, en plantaciones de pequeños agricultores para estudios sociales, y las comparaciones con los hábitats nativos fueron el enfoque de estudio más común en ecología, pero las comparaciones con otros cultivos fueron más comunes en sociología. Se encontró que la mayoría de la investigación se centró

Figura 8. Coexistencia de resultados ecológicos y sociales en las 443 publicaciones. El color de las celdas refleja el número total de artículos recuperados con cada combinación de alcance/ resultado. Cuanto más oscuro es el color, mayor es la frecuencia de los artículos. Una publicación individual puede caer en múltiples celdas. Los códigos se organizan de acuerdo con las agrupaciones determinadas en la metodología, ver información complementaria A, Figura 1



en los resultados ecológicos, con un claro sesgo hacia la biodiversidad y el rendimiento, y una falta de enfoque en otros servicios ecosistémicos esenciales como la polinización y la herbivoría. En la investigación social, los medios de vida se estudiaron en gran medida, y se requiere más información sobre la seguridad alimentaria, la igualdad étnica y de género y el bienestar de los agricultores para proporcionar sugerencias valiosas de manejo. La investigación interdisciplinaria rara vez fue más allá del rendimiento como resultado ecológico. Si bien no se encontraron la mayoría de las combinaciones interdisciplinarias potenciales, reconocemos que no todas las “brechas de conocimiento” proporcionarán información valiosa para la gestión sostenible y, por lo tanto, es posible que no justifiquen ser llenadas. Hemos determinado qué áreas de investigación son de máxima prioridad a través de su potencial para resolver problemas conocidos en la agricultura sostenible. Aunque este estudio se limitó al idioma inglés y solo tres bases de datos debido a limitaciones logísticas, representa el ejercicio de mapeo de evidencia más extenso de la literatura interdisciplinaria sobre plantaciones de palma de aceite hasta la fecha y es un recurso valioso para dirigir investigaciones futuras.

4.1. Cambios en el enfoque del estudio y la ubicación geográfica con el tiempo

Nuestros resultados muestran un claro aumento en el número de estudios sobre la palma de aceite desde 1993, pues la gran mayoría de las investigaciones se realizaron en los últimos 10 años (86 % de las publicaciones). Si bien la investigación ecológica domina constantemente la literatura, la investigación social e interdisciplinaria ha aumentado en la última década. No obstante, los estudios socioecológicos siguen siendo raros y constituyen solo el 10 % de las publicaciones en los últimos 5 años. Este enfoque en los estudios ecológicos contrasta con la ponderación relativa dada a los factores ecológicos y sociales en los esquemas de sostenibilidad del aceite de palma. Por ejemplo, de los 41 criterios de sostenibilidad identificados por la Mesa Redonda sobre Aceite de Palma Sostenible (RSPO por sus siglas en inglés), el esquema de certificación de sostenibilidad más grande del mundo, 17 incluyen conceptos ecológicos y 29 conceptos sociales (RSPO, 2018). Los seres humanos y el medio ambiente están vinculados de manera fundamental y, por lo tanto, se requiere una comprensión de los factores interdisciplinarios en juego para

abordar plenamente las preocupaciones urgentes de sostenibilidad (Liu *et al.*, 2007). La importancia de la investigación socioecológica en la agricultura para informar una producción más sostenible también ha sido destacada por los Objetivos de Desarrollo Sostenibles de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2015). Hemos establecido que los esfuerzos de investigación están aumentando en esta área, pero siguen siendo raros, lo que potencialmente obstaculiza el desarrollo de un cultivo más sostenible a través de criterios ecológicos y sociales amplios. Los sesgos identificados anteriormente fueron similares en todas las regiones donde se habían realizado estudios. Esto indica que los investigadores pueden estar siguiendo un enfoque similar, independientemente del área y pueden no estar considerando el contexto de cultivo y las necesidades apremiantes de cada región. Por ejemplo, en África, los pequeños productores aportan el 90 % de la producción, en comparación con el 40 % en Indonesia (DJP 2015), lo que sugiere que debería haber un mayor esfuerzo de investigación dedicado al cultivo de pequeños agricultores en esta región.

La producción de aceite de palma ha aumentado bastante en los últimos años; casi se duplicó entre 2003 y 2013 para satisfacer la creciente demanda como ingrediente en alimentos, cosméticos y productos de limpieza del hogar, como aceite de cocina y como fuente de biocombustible (Pirker *et al.*, 2016). Actualmente, el aceite de palma representa más de un tercio del consumo mundial de aceite vegetal, y se espera la producción siga aumentando (FAO, 2018). En nuestros años de estudio 1993-2020, se observó un aumento constante tanto en la producción global de aceite de palma como en el número de publicaciones. El Sudeste Asiático superó a África en capacidad de producción, en 1966 (Poku, 2002) con Indonesia y Malasia, y Malasia actualmente representa más de 85 % de la producción mundial de aceite de palma (Cassiday, 2017). Más recientemente, la producción ha aumentado en América Latina y África (Potter, 2015). Este patrón mundial se refleja en gran medida en la ubicación geográfica de los estudios: el 70 % de las publicaciones se realizaron en Indonesia y Malasia. Sin embargo, la investigación no siempre está en línea con las tendencias de producción. El primer año con múltiples publicaciones basadas en América Latina fue 2014, con investigaciones que se rezagaron respecto a la producción de palma de aceite en la región de 2001 a 2017 (Furumo y Aide, 2017). Aunque Perú cuadruplicó su producción de 2000 a 2013, en

este tiempo solo se realizaron cinco estudios (Bello, 2015), lo que muestra una falta de consideración de los niveles de producción de cada país dentro de las regiones al dirigir el esfuerzo de investigación. Del mismo modo, el África subsahariana ahora representa más de una cuarta parte de la superficie terrestre del mundo dedicada a la palma de aceite (Ordway *et al.*, 2019), pero se encuentra que menos de 8 % de las publicaciones se habían realizado en esta región. Tres de los diez principales productores mundiales de palma de aceite (Ecuador, Costa de Marfil, Honduras) no estuvieron representados en la literatura, lo que muestra una falta de conocimiento integral sobre los impactos de la palma de aceite en estos países. Existe, por lo tanto, una clara necesidad de realizar más investigación en regiones y países menos estudiados. Esto es especialmente importante, ya que las áreas difieren sustancialmente en sus contextos ecológicos y sociales, lo que significa que los hallazgos de un área no pueden aplicarse necesariamente a otra. Por ejemplo, el hábitat nativo utilizado en estudios comparativos a menudo son los bosques en el sudeste de Asia, mientras que los pastizales son hábitats nativos comunes en América Latina (Mutsaers, 2019). Por lo tanto, los estudios sobre el manejo posterior a la conversión en Malasia no son necesariamente relevantes para las plantaciones en México, y se necesita una comprensión del contexto local. En algunos casos, la falta de investigación puede deberse a una financiación inadecuada o a la dificultad para obtener un acceso seguro a la misma. Por lo tanto, también se debe trabajar para buscar nuevas oportunidades y para aumentar esta actividad, por ejemplo, facilitando la investigación y la recopilación de datos por parte de los propios cultivadores de palma de aceite.

4.2. Ámbito de la investigación

La mayoría de la investigación (53 %) se ha realizado en plantaciones industriales. Se estima que 18,7 millones de hectáreas de tierra se dedican a la producción industrial de palma de aceite en todo el mundo (Meijaard *et al.*, 2018), y este sigue siendo un contexto de estudio importante. El 35 % de los análisis sobre plantaciones de pequeños agricultores refleja en gran medida 41 % de la producción de estos cultivadores (RSPO, 2018). Sin embargo, cuando se examinaron a nivel disciplinario, hubo un sesgo claro para los estudios sobre plantaciones industriales en la investigación ecológica, mientras que los estu-

dios sociales se llevaron a cabo con mayor frecuencia en fincas de pequeños agricultores independientes. Como los pequeños tienen un impacto directo y se ven afectados por sus plantaciones, es probable que los resultados sociales tengan una mayor importancia en este contexto, lo que representa una explicación lógica para este patrón. Sin embargo, debido a esta discrepancia en el tipo de plantación utilizada en los estudios ecológicos frente a los sociales, es posible que las conclusiones extraídas de la literatura sobre el impacto general del cultivo de la palma de aceite puedan ser sesgadas. Las granjas de plasma, aquellas que son propiedad de individuos, pero coordinadas como cooperativas a gran escala, rara vez se utilizaron en estudios ecológicos (5 %). Dado que el cultivo de plasma tiene como objetivo aumentar las capacidades de producción y la sostenibilidad de las plantaciones (Jelsma *et al.*, 2017), se necesita investigación para cuantificar los impactos sociales y ecológicos de dichos sistemas de producción y determinar si son realmente beneficiosos. Es necesario aumentar el trabajo que examine específicamente los diferentes impactos de los estudios ecológicos en los sistemas de pequeños agricultores y los estudios sociales en las plantaciones industriales.

Las tendencias de producción y el contexto de cultivo del país también deben tenerse en cuenta al determinar el ámbito del estudio apropiado. En África, la palma de aceite se cultiva tradicionalmente como un policultivo de pequeños agricultores y, en Ghana, los pequeños agricultores actualmente ocupan más de 75 % de la tierra dedicada a la palma de aceite. Por lo tanto, sería apropiado un sesgo para la investigación de los pequeños agricultores en la región. Incluso dentro de las regiones, es necesario un enfoque consciente del contexto. Por ejemplo, en América Latina, la producción en Perú consiste en gran medida en plantaciones industriales, mientras que las plantaciones en México son principalmente el resultado de la conversión de pequeños agricultores de pastos a palma de aceite (Furumo y Aide, 2017). También debe tenerse en cuenta el cambio de enfoque en las tendencias de producción. Los investigadores estiman que los productores independientes indonesios duplicarán su producción para 2030 y manejará 60 % del área de cultivo de Indonesia (Meijaard *et al.*, 2018), lo que indica que la investigación dentro de las plantaciones de pequeños agricultores independientes en Indonesia se volverá cada vez más relevante. Para comprender los efectos potenciales

del cultivo y para informar las recomendaciones de manejo con apoyo científico, la investigación, por lo tanto, debe adaptarse a la región, tanto en la actualidad como siguiendo las tendencias proyectadas. La mayoría de los estudios existentes han adoptado un enfoque de estudio de caso, que puede limitar la comprensión de los efectos del cultivo a grandes escalas espaciales y temporales. Si bien los estudios de caso permiten una investigación en profundidad de las relaciones entre las variables, es difícil estandarizar y escalar sus resultados para recomendaciones aplicables en un cultivo global. Un enfoque de investigación a escala de plantación y paisaje puede comprometer la comprensión holística de los impactos del cultivo en conceptos como el funcionamiento del agroecosistema (Swift *et al.*, 2004). Para comprender verdaderamente el efecto de las prácticas y políticas de manejo, se requieren estudios contrafácticos a gran escala que complementen los de caso y permitan comparaciones de los resultados ambientales y sociales entre áreas con y sin palma de aceite, o con y sin intervenciones particulares.

En estudios con comparativos, la mayoría de las comparaciones se realizaron entre plantaciones y hábitats nativos, como bosques o sabanas (60 %). El menor valor ecológico de las plantaciones en comparación con los bosques nativos ha quedado bien establecido, especialmente en Malasia e Indonesia (Fitzherbert *et al.*, 2008; Obidzinski *et al.*, 2012; Dislich *et al.*, 2015). Esta investigación sugiere que hay poca necesidad de estudios de comparación adicionales con los bosques en taxones bien estudiados, como los invertebrados y las aves. La investigación sobre las diferencias entre las estrategias de manejo, como el monocultivo frente al policultivo, fue menos común. Por ejemplo, solo 10 estudios se centraron en los efectos ecológicos o sociales de las estrategias de cultivo de las plantaciones. Del mismo modo, solo se encontraron 18 menciones del impacto social y/o ecológico de los esquemas de certificación en 15 documentos únicos. Tales esquemas dependen de que los consumidores paguen una prima para garantizar que se mantengan los estándares ambientales y sociales a lo largo de la cadena de suministro (Morgans *et al.*, 2018). En la actualidad existen 5 grandes sistemas de certificación que trabajan en pro de un aceite de palma sostenible: Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO), International Sustainability and Carbon Certification (ISCC), Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO), Malaysian Sustainable Palm Oil (MSPO),

and No-deforestation, No-peat and No-exploitation (NDPE) (McInnes, 2017). Todos menos uno de ellos, RSPO, se crearon debido a un aumento en el interés de los productores, consumidores y gobiernos en el aceite de palma sostenible. Los programas de certificación han sido aclamados por algunos como un camino potencial hacia la sostenibilidad (Carlson *et al.*, 2018). Por lo tanto, es necesario comprender aún más sus efectos y beneficios directos (Padfield *et al.*, 2019). Actualmente, el trabajo está aumentando en esta área, un documento reciente de Santika *et al.* (2021); aunque está más allá de las limitaciones de fecha de la revisión; ha abordado los impactos sociales de los esquemas de certificación. Recientemente, Lee *et al.* (2020) también investigaron los efectos de la certificación. En conjunto, nuestros hallazgos destacan que las brechas de investigación más urgentes e importantes que deben abordarse son los impactos relativos de las diferentes opciones de cultivo y las estrategias de manejo alternativas, incluidas las recomendaciones especificadas en los esquemas de certificación. Este trabajo proporcionará los datos necesarios para informar el desarrollo de una producción de aceite de palma más sostenible.

4.3. Resultados del estudio

La biodiversidad de invertebrados fue el resultado ecológico más estudiado. Es probable que esta tendencia sea una consecuencia del papel crítico y ampliamente reconocido que los invertebrados desempeñan en las plantaciones de palma de aceite, contribuyendo a los servicios ecosistémicos como polinización y descomposición (Foster *et al.*, 2011). Las conclusiones también revelaron un claro enfoque de los resultados en el rendimiento, con el rendimiento investigado más que cualquier otro servicio ecosistémico. El rendimiento puede clasificarse como un servicio ecosistémico y como una producción económica, por lo que este hallazgo indica un enfoque en los valores agrícolas en lugar de ecológicos de las plantaciones. Además, el alto rendimiento es el objetivo prioritario del cultivo de la palma de aceite y puede actuar como una medición integrada de la salud de otros servicios ecosistémicos. Si el ecosistema está funcionando eficazmente hacia sus objetivos agrícolas, el rendimiento debería ser alto. En todos los servicios ecosistémicos, existe una clara falta de investigación sobre la polinización, aunque estudios previos han destacado que esta es crucial para man-

tener el rendimiento y puede variar con el tiempo (Li *et al.*, 2019). Esta brecha en la literatura puede estar relacionada con la concepción aceptada de que la polinización de la palma de aceite se basa únicamente en el gorgojo de la palma de aceite africana, *Elaeidobius kamerunicus* (Syed, 1979). Sin embargo, se han identificado otras especies como potencialmente importantes en la polinización de la palma de aceite (Silva *et al.*, 1986), y la dependencia de una especie plantea riesgos para la productividad del cultivo a largo plazo en un clima cambiante (Rao y Ley, 1998). Como la polinización contribuye al bienestar ecológico y económico de las plantaciones (Fijen *et al.*, 2018), se requiere una comprensión de los efectos de intervenciones como herbicidas y pesticidas en los polinizadores para optimizar el manejo. Una revisión de literatura previa destacó el mismo resultado, lo que sugiere la necesidad de priorizar los estudios sobre polinización (Dislich *et al.*, 2017). Solo se encontraron 4 publicaciones relevantes sobre herbivoría, lo que tiene implicaciones tanto para el rendimiento como para la biodiversidad. Dado que entre 30 % y el 40 % del rendimiento potencial de los cultivos se pierde debido a patógenos y plagas en los principales productos agrícolas (Oerke, 2006), esto también representa una brecha de conocimiento apremiante y debería ser un foco de atención para la investigación futura. De hecho, los daños debidos a plagas y enfermedades, así como la deficiencia de nutrientes y la insuficiente disponibilidad de agua, han sido identificados como los principales factores responsables de que los rendimientos de aceite de palma estén por debajo de su máximo teórico en las plantaciones (Woittiez *et al.*, 2017). Por lo tanto, está claro que los esfuerzos de investigación no están a la altura de las necesidades en estos ámbitos. Como un producto agrícola importante, el rendimiento subóptimo puede afectar tanto la rentabilidad como la eficiencia en el uso de la tierra, y por lo tanto tiene efectos ecológicos y sociales sustanciales. El resultado social más comúnmente investigado fue la subsistencia, un término amplio que describe el modo en que se obtiene acceso a las necesidades básicas de la vida, por ejemplo, la forma en que se gana dinero para pagar la alimentación y la vivienda. El sesgo hacia los medios de subsistencia es comprensible dada su influencia en la salud, la seguridad y los niveles de vida. Sin embargo, más información sobre los componentes que influyen y son influenciados por estos medios como la seguridad alimentaria, la igualdad de género y la educación, pueden proporcionar deta-

lles más claros sobre los impactos sociales del cultivo debido a sus medidas de resultados más enfocadas. Dicha investigación dirigida puede identificar más claramente las estrategias de gestión para beneficiar la sostenibilidad social. Sin embargo, la medición de resultados como la dinámica del hogar y el bienestar de los agricultores a menudo requieren una mayor conexión con la población de estudio para recuperar resultados precisos y, por lo tanto, más tiempo en el campo, lo que puede explicar la falta de análisis en estas áreas. Como salvedad a estos resultados, el amplio sesgo a favor de los medios de subsistencia que se observa en la literatura también se reflejó en parte en el esquema de clasificación de la investigación. Debido al gran número de resultados potenciales, no se pudieron considerar todos los conceptos sociales individualmente y, por lo tanto, puede que se haya subestimado su variación. Una investigación posterior centrada únicamente en los resultados sociales puede ser capaz de cuantificar la literatura de una manera más minuciosa, desmontando los conceptos de medios de vida y bienestar más allá de la educación y la seguridad alimentaria. No se encontró ninguna investigación sobre los efectos de los insumos químicos en la salud humana. Esto es preocupante, ya que varios estudios en otros cultivos han identificado los efectos adversos a largo plazo del uso de pesticidas en la salud de los agricultores, e indica que esta es un área prioritaria para la investigación de la palma de aceite, dado el uso generalizado de aplicaciones de químicos en este sistema (Christiansson, 1991; Wilson, 2000). No hubo datos sobre los efectos de los sistemas de policultivos en contraposición a los monocultivos, ni sobre los efectos de los sistemas agroforestales en los conceptos sociales. Aunque estas son intervenciones de base ecológica, se ha demostrado que ambas estrategias de plantación diversificadas aumentan la salud y el bienestar de los agricultores en otros cultivos (Bacon *et al.*, 2012). Para utilizar eficientemente los fondos y el esfuerzo de intervención limitados, el cultivo sostenible de la palma de aceite debe hacer uso de estrategias que aumenten el valor ecológico y social, por lo que la investigación de estas estrategias es crucial.

Nuestros resultados han demostrado que varias combinaciones de intervenciones y resultados están en gran medida ausentes de la literatura. Sin embargo, la investigación sobre algunas de estas combinaciones puede no ser necesaria para informar el desarrollo del cultivo ecológico y socialmente sostenible de la palma de aceite. Por ejemplo, los estudios que

cuantifican cómo la aplicación de residuos afecta a los niveles es una prioridad de investigación menor que los efectos que tienen los esquemas de certificación en la satisfacción del agricultor. Si bien los medios de subsistencia son un valioso barómetro de los impactos sociales de la agricultura, se ha realizado una gran cantidad de investigaciones en esta área. Ahora se requieren estudios sobre resultados más discretos, como la seguridad alimentaria, la igualdad étnica y de género y el bienestar de los agricultores, para desarrollar aún más nuestra comprensión de los componentes de sostenibilidad social y permitir el desarrollo de intervenciones de gestión enfocadas.

4.4. Tendencias en la investigación interdisciplinaria

La investigación interdisciplinaria a menudo puede proporcionar una comprensión más holística y amplia de los sistemas humano-ambientales que la investigación unidisciplinaria, que tiene la limitación de centrarse en las relaciones unidireccionales. De esta manera, la primera investigación puede proporcionar una mayor comprensión de los efectos con múltiples componentes. Por ejemplo, en un sistema agrícola diferente, un proyecto interdisciplinario sobre el ganado puede investigar los efectos de la medicación antiparasitaria en la salud humana a partir del consumo, el rendimiento de la leche y el bienestar animal, y los efectos en la biodiversidad del escarabajo del estiércol en los pastos (Finch *et al.*, 2020), mientras que un proyecto unidisciplinario puede considerar solo un factor y, por lo tanto, producir sugerencias de gestión menos valiosas que tengan en cuenta toda la gama de costos y beneficios potenciales (Ostrom, 2007). La investigación interdisciplinaria también puede estudiar los efectos de los insumos de una disciplina en los resultados de otra, por ejemplo, el efecto de la biodiversidad de mamíferos en la plantación sobre las actitudes de los agricultores hacia la naturaleza.

De las 273 posibles combinaciones de resultados interdisciplinarios, solo 42 se encontraron en la literatura. Como se identificó anteriormente, el resultado socioecológico más frecuente incluido en cualquier publicación fue el rendimiento. La interacción entre los medios de subsistencia y el rendimiento fue más común, muy probablemente porque los medios de subsistencia de los pequeños agricultores y los agricultores de plasma dependen directamente

del rendimiento. Otras combinaciones de resultados comunes estaban relacionadas con la salud humana. Por ejemplo, varias publicaciones relacionadas con la salud humana y la biodiversidad se basaron en gran medida en las enfermedades transmitidas por mosquitos y su prevalencia en las plantaciones de palma de aceite. No se encontró literatura que relacione la salud humana con los factores ecológicos abióticos, aunque la calidad del aire y el agua afectan directamente a las comunidades circundantes, destacando esto como una brecha de conocimiento clave en la literatura. Sin embargo, como advertencia a los resultados, nuestros criterios de inclusión especificaron los efectos de las intervenciones solo en la etapa de cultivo de la producción de aceite de palma y, por lo tanto, excluyeron los artículos sobre las tasas de deforestación a gran escala y el cambio de hábitat. Esto puede haber llevado a la exclusión de algunos trabajos interdisciplinarios relacionados con la palma de aceite, ya que la deforestación ha indicado efectos sociales y ecológicos (Carlson *et al.*, 2018; Heilmayr *et al.*, 2020).

4.5. Hallazgos en contexto: revisiones anteriores

Se han realizado varias revisiones bibliográficas importantes sobre los efectos del cultivo de la palma de aceite. A medida que su bibliografía ha aumentado especialmente en los últimos años, las revisiones realizadas antes de 2010 solo consideran el 10 % de la literatura actualmente disponible. La mayoría de las publicaciones más citadas se han centrado en comparaciones ecológicas con la cobertura natural de la tierra y los impactos negativos de la conversión de bosques (por ejemplo, Fitzherbert *et al.*, 2008; Obidzinski *et al.*, 2012; Dislich *et al.*, 2017), lo que refleja la tendencia en la investigación primaria identificada en este estudio. Hemos demostrado que las revisiones que requerían más investigación sobre los efectos de la biodiversidad del cultivo de la palma de aceite se han satisfecho en gran medida, particularmente aquellas con un enfoque en la biodiversidad de aves e invertebrados (Fitzherbert *et al.*, 2008; Foster *et al.*, 2011; Savilaakso *et al.*, 2014). Otras recomendaciones aún no se han aplicado plenamente. Por ejemplo, las revisiones previas han pedido investigar la implementación y el refinamiento de los estándares de sostenibilidad (Obidzinski *et al.*, 2012) y los impactos de las prácticas de manejo (Foster *et al.*, 2011;

Savilaakso *et al.*, 2014; Dislich *et al.*, 2017), pero se ha demostrado que todavía es necesario investigar estas áreas. Con la tendencia hacia la investigación ecológica observada en este estudio, las revisiones realizadas en el pasado también se han centrado en los resultados ecológicos. Un artículo reciente de Qaim *et al.* (2020) revisó los impactos económicos, ecológicos y sociales de la expansión de la palma de aceite, apoyando los hallazgos de este estudio que asegura que la investigación interdisciplinaria está aumentando. La revisión también ha identificado áreas para posibles metaanálisis. Por ejemplo, se han realizado más de 50 estudios sobre los efectos del cultivo en el rendimiento, la vida y la biodiversidad de insectos y aves, que muestran un volumen de literatura apropiado para un análisis adicional. Si bien hemos realizado solo un estudio cuantitativo, la existencia de documentos de revisión de alto impacto sobre temas específicos, como las revisiones anteriores sobre los efectos ecológicos de la conversión del suelo, indican que se ha completado suficiente investigación de alta calidad para declarar que las brechas de investigación se llenaron en gran medida. De las fuentes clasificadas en nuestro artículo, 312 no estuvieron presentes en la bibliografía de ninguna de las 6 revisiones anteriores, mostrando el valor de las técnicas de búsqueda sistemática.

5. Conclusiones e implicaciones

Este estudio ha identificado áreas de investigación donde ahora hay abundantes datos, así como áreas donde hay brechas de conocimiento y síntesis. Cuando se examina en el contexto de las tendencias en la producción de palma de aceite, las prioridades de certificación sostenibles y las causas reconocidas de las brechas de rendimiento, los hallazgos identificaron áreas clave en las que los esfuerzos de investigación están rezagados con respecto a los requisitos para el desarrollo de palma de aceite más sostenible y productiva. Cuando se compara con la capacidad de producción del país, se observa que, en general, el contexto de la investigación sigue las tendencias de la producción. Sin embargo, varias naciones de alta producción estaban notablemente ausentes, y es necesario prestar mayor atención para las regiones fuera del Sudeste Asiático que se espera sean los lugares de crecimiento futuro. Más de 10 % de la tierra agrícola del mundo se dedica a la palma de aceite, pero hay una gran heterogeneidad en la estructura y

manejo de las plantaciones (Comte *et al.*, 2012). Esta variabilidad tiene efectos en las capacidades de producción, la sostenibilidad ecológica y las condiciones de los trabajadores. Si bien en revisiones anteriores se han pedido estudios sobre la influencia de estos factores (Foster *et al.*, 2011; Savilaakso *et al.*, 2014; Dislich *et al.*, 2017), se ha demostrado que todavía hay una importante brecha de conocimiento. Las brechas de investigación son más apremiantes en los efectos de los sistemas de monocultivo frente a los de policultivo y los efectos de las intervenciones de manejo en los servicios ecosistémicos distintos al rendimiento. Encontrar opciones más sostenibles dentro de estas intervenciones de manejo tiene un gran potencial para traer beneficios ecológicos y sociales. También se han identificado varias diferencias en el alcance y el contexto entre la investigación enfocada ecológica y socialmente, que pueden resultar un desafío para los esfuerzos interdisciplinarios para reunir estos hallazgos e identificar prácticas holísticas para una producción de aceite de palma más sostenible. Por ejemplo, los resultados sociales se midieron más comúnmente en las plantaciones de pequeños agricultores, mientras que los resultados ecológicos fueron más comunes en las plantaciones industriales. Una solución puede ser aumentar la investigación en granjas de plasma, que son propiedad de pequeños agricultores, pero están vinculadas a una empresa más grande.

La investigación interdisciplinaria a menudo es más compleja y, por lo tanto, más desafiante que la investigación tradicional. Las dificultades comunes incluyen la identificación de las diferencias relevantes de financiamiento, comunicación y cultura laboral entre disciplinas, y metodologías que son difíciles de combinar (Bromham *et al.*, 2016). Sin embargo, si se dispone de suficientes recursos y tiempo, así como el entendimiento entre los representantes de las disciplinas, se puede lograr una verdadera integración y una investigación valiosa (Bennett *et al.*, 2017). Por supuesto, la investigación interdisciplinaria no garantiza una solución inmediata a los problemas socioecológicos del cultivo de la palma de aceite, pero puede ofrecer una comprensión más inclusiva y matizada de los problemas actuales y la gestión de los recursos potenciales. Dadas las múltiples brechas de conocimiento identificadas en este estudio, se sugiere darles prioridad a los temas con beneficios tangibles para el manejo o el bienestar. Esto incluye la investigación que puede informar las opciones de ges-

ción para beneficiar las salidas sociales y ecológicas, como el cultivo intercalado con cultivos consumibles para ayudar a los pequeños agricultores a evitar los déficits nutricionales, al tiempo que crea un hábitat más diverso para los polinizadores. Se espera que las brechas identificadas por este estudio proporcionen un marco para que los investigadores que trabajan en disciplinas relevantes identifiquen futuros temas clave de investigación.

Declaración de disponibilidad de datos

Todos los datos que respaldan los hallazgos de este estudio se incluyen dentro del artículo (y cualquier archivo complementario).

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado en parte por Gates Cambridge Trust. Queremos agradecer a los autores de los documentos de referencia por sus comentarios sobre la clasificación y codificación de los documentos: Azhar, B. (Universiti Putra Malaysia); Begum, H. (Universiti Kebangsaan Malaysia), Clough, Y. (Lund University), Corre, M. (University of Göttingen), Ishak, S. (Universiti Kebangsaan Malaysia), Jelsma, I. (Utrecht University), Lee, J. S. H. (Nanyang Technical University).

Nos gustaría agradecer a ambos revisores anónimos por sus comentarios útiles y exhaustivos.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen intereses contrapuestos.

Declaración de contribución de los autores

V. R. W. diseñó el estudio, llevó a cabo las búsquedas y la clasificación, realizó el análisis de datos y trabajó en la redacción del manuscrito. S. L. trabajó en el diseño del estudio y la redacción del manuscrito en todas las etapas. J. S. fue el segundo revisor para la verificación de consistencia entre revisores en la etapa de exclusión y clasificación y proporcionó comentarios sobre el manuscrito. G. S. asesoró sobre el diseño del estudio y proporcionó comentarios sobre el manuscrito. E. T. trabajó en el diseño del estudio y la redacción del manuscrito en todas las etapas. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

ORCID iD

Valentine Joy Reiss-Woolever

<https://orcid.org/0000-0002-6905-4387>

Sarah Helen Luke

<https://orcid.org/0000-0002-8335-5960>

Jake Stone <https://orcid.org/0000-0003-2151-4353>

Gorm Eirik Shackelford

<https://orcid.org/0000-0003-0949-0934>

Edgar Clive Turner

<https://orcid.org/0000-0003-2715-2234>

Referencias

Bacon C M, Getz C, Kraus S, Montenegro M & Holland K 2012 The social dimensions of sustainability and change in diversified farming systems *Ecology and Society* **17** 41-61.

- Barcelos E, Rios S D A, Cunha R N V, Lopes R, Motoike S Y, Babiychuk E, Skirycz A & Kushnir S 2015 Oil palm natural diversity and the potential for yield improvement *Front. Plant Sci.* **6** 190.
- Barnes A D, Jochum M, Mumme S, Haneda N F, Farajallah A, Widarto T H & Brose U 2014 Consequences of tropical land use for multitrophic biodiversity and ecosystem functioning *Nat. Commun.* **5** 5351.
- Beichler S A, Hasibovic S, Davidse B J & Deppisch S 2014 The role played by social-ecological resilience as a method of integration in interdisciplinary research *Ecology and Society* **19** 4-11.
- Bello J L D 2015 Hacia una ecología política de la palma aceitera en el Perú (Oxfam).
- Bennett A, Ravikumar A, McDermott C & Malhi Y 2019 Smallholder oil palm production in the Peruvian Amazon: rethinking the promise of associations and partnerships for economically sustainable livelihoods *Front. For. Glob. Change* **2** 14.
- Bennett N *et al.* 2017 Conservation social science: understanding and integrating human dimensions to improve conservation *Biol. Conserv.* **205** 93-108.
- Bissonnette J-F y De Koninck R 2017 The return of the plantation? Historical and contemporary trends in the relation between plantations and smallholdings in Southeast Asia *J. Peasant Stud.* **44** 1-21.
- Bonan G B 2008 Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests *Science* **320** 1444-9.
- Bromham L, Dinnage R & Hua X 2016 Interdisciplinary research has consistently lower funding success *Nature* **534** 684-7.
- Carletta J 1996 Assessing agreement on classification tasks: the kappa statistic *Comput. Linguist.* **22** 249-54.
- Carlson K M, Heilmayr R, Gibbs H K, Noojipady P, Burns D N, Morton D C, Walker N F, Paoli G D & Kremen C 2018 Effect of oil palm sustainability certification on deforestation and fire in Indonesia *Proc. Natl Acad. Sci.* **115** 121-6.
- Cassiday L 2017 Red palm oil *INFORM International News on Fats, Oils, and Related Materials* vol 28 pp 6-10.
- Christiansson C 1991 Use and impacts of chemical pesticides in smallholder agriculture in the Central Kenya Highlands. Linking the Natural Environment and the Economy: Essays from the Eco-Eco Group ed C Folke and T Kåberger Ecology, Economy & Environment (Dordrecht: Springer) p 1.
- Collaboration for Environmental Evidence 2013 Guidelines for systematic review and evidence synthesis in environmental management *Environmental Evidence* (recuperado de [www.environmentalevidence.org/Documents/Guidelines/ Guidelines4.2.pdf](http://www.environmentalevidence.org/Documents/Guidelines/Guidelines4.2.pdf))

- Comte I, Colin F, Whalen J K, Grünberger O & Caliman J-P 2012 Chapter three-agricultural practices in oil palm plantations and their impact on hydrological changes, nutrient fluxes and water quality in Indonesia: a review *Advances in Agronomy* vol 116 ed D L Sparks (New York: Academic) pp 71-124.
- de Vries S C, van de Ven G W J, van Ittersum M K & Giller K E 2010 Resource use efficiency and environmental performance of nine major biofuel crops, processed by first-generation conversion techniques *Biomass Bioenergy* **34** 588-601.
- Dhandapani S 2015 Biodiversity loss associated with oil palm plantations in Malaysia: Serving the need versus saving the nature *Masters Thesis* Lancaster University.
- Dislich C *et al.* 2015 Ecosystem functions of oil palm plantations-a review (No. 16; *EFForTS Discussion Paper Series*). University of Goettingen, Collaborative Research Centre 990 'EFForTS, Ecological and Socioeconomic Functions of Tropical Lowland Rainforest Transformation Systems (Sumatra, Indonesia)' (recuperado de <https://ideas.repec.org/p/zbw/crc990/16.html>)
- Dislich C *et al.* 2017 A review of the ecosystem functions in oil palm plantations, using forests as a reference system *Biolog. Rev.* **92** 1539-69.
- DJP 2015 *SStatistik Perkebunan Indonesia; Kelapa Sawit 2014-2016* (Yakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan).
- Dürr J 2017 Sugar-cane y oil palm expansion in Guatemala and its consequences for the regional economy *J. Agrarian Change* **17** 557-70.
- FAO 2018 *Food y Agriculture Organization of the United Nations* (Rome: FAOSTAT Statistical Database).
- FAO 2019 *Food y Agriculture Organization of the United Nations* (Rome: FAOSTAT Statistical Database).
- FAO 2020 *Food y Agriculture Organization of the United Nations* (Rome: FAOSTAT Statistical Database).
- Feintrenie L, Chong W & Levang P 2010 Why do farmers prefer oil palm? Lessons learnt from bongo district, Indonesia *Small-Scale Forestry* **9** 379-96.
- Fijen T P M, Scheper J A, Boom T M, Janssen N, Raemakers I and Kleijn D 2018 Insect pollination is at least as important for marketable crop yield as plant quality in a seed crop *Ecol. Lett.* **21** 1704-13.
- Finch D, Schofield H, Floate K, Kubasiewicz L & Mathews F 2020 Implications of endectocide residues on the survival of aphodiine dung beetles: a meta-analysis *Environ. Toxicol. Chem.* **39** 863-72.
- Fitzherbert E B, Struebig M J, Morel A, Danielsen F, Brühl C A, Donald P F & Phalan B 2008 How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends Ecol. Evol.* **23** 538-45.

- Foster W A *et al.* 2011 Establishing the evidence base for maintaining biodiversity and ecosystem function in the oil palm landscapes of South East Asia *Phil. Trans. R. Soc. B* **366** 3277-91.
- Furumo P R & Aide T M 2017 Characterizing commercial oil palm expansion in Latin America: land use change and trade *Environ. Res. Lett.* **12** 024008.
- Griffith D 2016 cooccur: probabilistic species co-occurrence analysis in R *J. Stat. Softw.* **69** 1-17.
- Haddaway N R, Macura B, Whaley P & Pullin A S 2018 ROSES reporting standards for systematic evidence syntheses: pro forma, flow-diagram and descriptive summary of the plan and conduct of environmental systematic reviews and systematic maps *Environ. Evid.* **7** 7.
- Hasanah N, Garcia-Ulloa J, Viswanathan A, Komarudin H, Dray A, Garcia C & Ghazoul J 2019 Evaluating scenarios of change through role-playing games in palm oil landscapes: lessons from East Kalimantan, Indonesia.
- Heilmayr R, Carlson K & Benedict J 2020 Deforestation spillovers from oil palm sustainability certification *Environ. Res. Lett.* **15** 075002.
- James K L, Randall N P & Haddaway N R 2016 A methodology for systematic mapping in environmental sciences *Environ. Evid.* **5** 7.
- Jelsma I, Schoneveld G C, Zoomers A & van Westen A C M 2017 Unpacking Indonesia's independent oil palm smallholders: an actor-disaggregated approach to identifying environmental and social performance challenges *Land Use Policy* **69** 281-97.
- Kirsten J 2008 The case for interdisciplinary research and training in agricultural economics in Southern Africa *Nat. Sci. Soc.* **16** 356-63.
- Krishna V, Euler M, Siregar H, Fathoni Z & Qaim M 2015 EFForTS Discussion Paper Series 13 University of Goettingen, Collaborative Research Centre 990 "EFForTS, Ecological and Socioeconomic Functions of Tropical Lowland Rainforest Transformation Systems (Sumatra, Indonesia)".
- Lee J, Miteva D, Carlson K, Heilmayr R & Saif O 2020 Does oil palm certification create trade-offs between environment and development in Indonesia? *Environ. Res. Lett.* **15** 124064.
- Levien M 2017 Gender and land dispossession: a comparative analysis *J. Peasant Stud.* **44** 1111-34.
- Li K, Tscharrntke T, Saintes B, Buchori D & Grass I 2019 Critical factors limiting pollination success in oil palm: a systematic review *Agric. Ecosyst. Environ.* **280** 152-60.
- Liu J, Dietz T, Carpenter S R, Alberti M, Folke C, Moran E, Pell A N, Deadman P, Kratz T, Lubchenco J, Ostrom E, Ouyang Z, Provencher W, Redman C L, Schneider S H & Taylor W 2007 Complexity of coupled human and natural systems *Science* **317** 1513-6.

- MacCoun R J 1998 Bias in the interpretation and the use of research results *Annu. Rev. Psychol.* **49** 259-87.
- McInnes A 2017 *A Comparison of Leading Palm Oil Certification Standards* (Moreton-in-Marsh: Forest Peoples Programme).
- Meijaard E, García-Ulloa J, Sheil D, Wich S, Carlson K & Juffe-Bignoli D 2018 Oil palm and biodiversity: a situation analysis by the IUCN oil palm task force *IUCN* (recuperado de <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2018.11.en>)
- Methley A M, Campbell S, Chew-Graham C, McNally R & Cheraghi-Sohi S 2014 PICO, PICOS and SPIDER: a comparison study of specificity and sensitivity in three search tools for qualitative systematic reviews *BMC Health Services Research.* **14** 579.
- Miettinen J, Hooijer A, Shi C, Tollenaar D, Vernimmen R, Liew S C, Malins C & Page S E 2012 Extent of industrial plantations on Southeast Asian peatlands in 2010 with analysis of historical expansion and future projections *GCB Bioenergy* **4** 908-18.
- Miller J 2016 The role of interdisciplinary scholarship and research to meet the challenges facing agriculture in the 21st century *Doctoral Documents from Doctor of Plant Health Program* (recuperado de <http://digitalcommons.unl.edu/planthealthdoc/10>)
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman D G & 2009 Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement *BMJ* **339** 2535.
- Molenaar J W, Persch-Orth M, Lord S & Harms J International Finance Corporation 2013 Diagnostic study on Indonesia oil palm smallholders: Developing a better understanding of their performance and potential World Bank Group.
- Morgans C L, Meijaard E, Santika T, Law E, Budiharta S, Ancrenaz M & Wilson K A 2018 Evaluating the effectiveness of palm oil certification in delivering multiple sustainability objectives *Environ. Res. Lett.* **13** 064032.
- Mutsaers H J W 2019 The challenge of the oil palm: using degraded land for its cultivation *Outlook Agric.* **48** 190-7.
- Naderifar M, Goli H & Ghaljaie F 2017 Snowball sampling: A purposeful method of sampling in qualitative research *Strides in Development of Medical Education* **14**.
- Obidzinski K, Andriani R, Komarudin H & Andrianto A 2012 Environmental and social impacts of oil palm plantations and their implications for biofuel production in Indonesia *Ecol. Soc.* **17** 1.
- Oerke E C 2006 Crop losses to pests *J. Agric. Sci.* **144** 31-43.
- Ordway E M, Naylor R L, Nkongho R N & Lambin E F 2019 Oil palm expansion and deforestation in Southwest Cameroon associated with proliferation of informal mills *Nat. Commun.* **10** 114.
- Ostrom E 2007 A diagnostic approach for going beyond panaceas *Proc. Natl Acad. Sci.* **104** 15181-7.

- Padfield R *et al* 2019 Co-producing a research agenda for sustainable palm oil *Front. For. Glob. Change* **2** 13.
- Pirker J, Mosnier A, Kraxner F, Havlik P & Obsteiner M 2016 What are the limits to oil palm expansion? *Glob. Environ. Change* **40** 73-81.
- Poku K 2002 *Small-Scale Palm Oil Processing in Africa* (Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations).
- Potter L 2015 *Managing Oil Palm Landscapes: A Seven-Country Survey of the Modern Palm Oil Industry in Southeast Asia, Latin America and West Africa*: Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Prokurat S 2013 Palm oil-strategic source of renewable energy in Indonesia and Malaysia *J. Mod. Sci.* **18** 425-43.
- Pullin A S & Stewart G B 2006 Guidelines for systematic review in conservation and environmental management *Conservation Biology*. **20** 1647-68.
- Pullin A, Frampton G, Livoreil B & Petrokofsky G 2018 Guidelines and standards for evidence synthesis in environmental management. Version 5.0.
- Qaim M, Sibhatu K T, Siregar H & Grass I 2020 Environmental, economic, and social consequences of the oil palm boom *Annu. Rev. Resour. Econ.* **12** 321-44.
- R Core Team 2020 R: a language and environment for statistical computing R Foundation for Statistical Computing, Viena.
- Rao V & Law I H 1998 The problem of poor fruit set in parts of east Malaysia *Planter* **74** 463-83.
- RSPO 2018 *Principles and Criteria for the Production of Sustainable Palm Oil* (Kuala Lumpur: Roundtable on Sustainable Palm Oil).
- RStudio Team 2020 RStudio: Integrated Development for R *PBC, Boston, MA* (recuperado de <http://www.rstudio.com/>)
- Sala O *et al* 2000 Global biodiversity scenarios for the year 2100 *Science* **287** 1770-4.
- Santika T, Wilson K A, Law E A, St John F A V, Carlson K M, Gibbs H, Morgans C L, Ancrenaz M, Meijaard E & Struebig M J 2021 Impact of palm oil sustainability certification on village well-being and poverty in Indonesia *Nat. Sustain.* **4** 109-19.
- Savilaakso S *et al.* 2014 Systematic review of effects on biodiversity from oil palm production *Environ. Evid.* **3** 4.
- Sayer J, Ghazoul J, Nelson P & Klintuni Boedhihartono A 2012 Oil palm expansion transforms tropical landscapes and livelihoods *Glob. Food Secur.* **1** 114-9.
- Shackelford G E 2019 Evidence synthesis as the basis for decision analysis: A method of selecting the best agricultural practices for multiple ecosystem services *Frontiers in Sustainable Food Systems* **3** 1-13.

- Silva M F, Miranda I P, D A & Barbosa E M 1986 Aspects of the pollination of the African oil palm (*Elaeis guineensis*) and the American oil palm (*Elaeis oleifera*) *Acta Amaz* **16-17** 209-18.
- Spelt E, Biemans H, Luning P, Tobi H & Mulder M 2010 Interdisciplinary thinking in agricultural and life sciences higher education *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* **75** 73-80.
- Swift M J, Izac A M & van Noordwijk M 2004 Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions? *Agric. Ecosyst. Environ.* **104** 113-34.
- Syed R A 1979 Studies on oil palm pollination by insects *Bull. Entomol. Res.* **69** 213-24.
- United Nations 2015 *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development* (New York: UN Publishing).
- van Noorden R 2015 Interdisciplinary research by the numbers *Nature* **525** 306-7.
- Vermeulen S 2006 *Towards Better Practice in Smallholder Palm Oil Production* (Londres: International Institute for Environment and Development).
- Vijay V, Pimm S L, Jenkins C N y Smith S J 2016 The impacts of oil palm on recent deforestation and biodiversity loss *PLoS One* **11** e0159668.
- Wickham H 2007 Reshaping data with the reshape package *J. Stat. Softw.* **21** 1-20.
- Wickham 2016 *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* (New York: Springer).
- Wilson C 2000 Environmental and human costs of commercial agricultural production in South Asia *Int. J. Soc. Econ.* **27** 816-46.
- Woittiez L S, van Wijk M T, Slingerland M, van Noordwijk M & Giller K E 2017 Yield gaps in oil palm: a quantitative review of contributing factors *Eur. J. Agron.* **83** 57-77.
- Yousaf M 2012 *Review of Social Research Methods: Quantitative and Qualitative Approaches* (New York: Pearson) **27** pp 197-201.