

Consecuencias ambientales, económicas y sociales del auge de la palma de aceite*

Environmental, Economic, and Social Consequences of the Oil Palm Boom

CITACIÓN: Qaim, M., Sibhatu, T. S., Hermanto, S. & Grass, I. (2020). Consecuencias ambientales, económicas y sociales del auge de la palma de aceite (Traductor Arenas, C.). *Palmas*, 41(2), 48-78.

PALABRAS CLAVE: biodiversidad, cambio climático, deforestación, pobreza, pequeños productores, Indonesia.

KEYWORDS: Biodiversity, climate change, deforestation, poverty, smallholder farmers, Indonesia.

* Traducido del original Environmental, Economic, and Social Consequences of the Oil Palm Boom, publicado en *Annu. Rev. Resour.*, 2020(12) 6.16.24 <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-resource-110119-024922>

© 2020 Matin Qaim *et al.*

Esta obra está licenciada bajo una Licencia Internacional Creative Commons Atribución 4.0, que permite su uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre y cuando se dé crédito al autor y fuente originales. Para información sobre la licencia, véase las líneas de crédito u otro material de terceros.

MATIN QAIM

Departamento de Economía Agrícola y Desarrollo Rural, y Centro de Biodiversidad y Uso Sostenible del Suelo (CBL), Universidad de Gotinga
mqaim@uni-goettingen.de

KIBROM T. SIBHATU

Departamento de Economía Agrícola y Desarrollo Rural, Universidad de Gotinga

HERMANTO SIREGAR

Facultad de Economía y Administración, Universidad Agrícola de Bogor (IPB-Institut Pertanian Bogor)

INGO GRASS

Departamento de Ecología de Sistemas Agrícolas Tropicales y Departamento de Ciencias de Cultivo, Universidad de Gotinga

Resumen

El crecimiento en la demanda mundial de aceites vegetales en las últimas décadas ha llevado a un drástico aumento en el área de tierra sembrada con palma de aceite. Especialmente en el Sudeste Asiático, el auge de la palma de aceite ha contribuido al crecimiento económico, pero también ha generado críticas sobre sus efectos ambientales y sociales negativos. Aquí, discutimos las tendencias de producción y consumo de aceite de palma y revisamos las consecuencias

ambientales, económicas y sociales en varias partes del mundo. La expansión de la palma de aceite ha contribuido a la deforestación tropical y a pérdidas asociadas a la biodiversidad y las funciones del ecosistema. Simultáneamente, ha aumentado los ingresos, generado empleo y reducido la pobreza en hogares agrícolas y no agrícolas. Cerca del 50 % de la tierra sembrada con palma de aceite en el mundo es administrada por pequeños productores. Es necesario reducir la disyuntiva de sostenibilidad entre la preservación de los bienes ambientales públicos mundiales y los beneficios económicos privados. Discutimos las implicaciones de políticas relacionadas con el crecimiento de la productividad, la protección de la selva tropical, el mosaico del paisaje, los derechos de propiedad de la tierra, la certificación de sostenibilidad y la inclusión de pequeños productores, entre otros.

Abstract

Rising global demand for vegetable oil during the last few decades has led to a drastic increase in the land area under oil palm. Especially in Southeast Asia, the oil palm boom has contributed to economic growth, but it has also spurred criticism about negative environmental and social effects. Here, we discuss palm oil production and consumption trends and review environmental, economic, and social consequences in different parts of the world. The oil palm expansion has contributed to tropical deforestation and associated losses in biodiversity and ecosystem functions. Simultaneously, it has increased incomes, generated employment, and reduced poverty among farm and nonfarm households. Around 50% of the worldwide oil palm land is managed by smallholders. Sustainability trade-offs between preserving global public environmental goods and private economic benefits need to be reduced. We discuss policy implications related to productivity growth, rainforest protection, mosaic landscapes, land property rights, sustainability certification, and smallholder inclusion, among others.

Introducción

La palma de aceite (*Elaeis guineensis*) es uno de los principales cultivos oleaginosos del mundo. Es cultivado en los cinturones tropicales de África, Asia y Latinoamérica y se comercializa ampliamente a nivel mundial. Si bien la palma de aceite se ha sembrado y utilizado a nivel local durante siglos (Hartley, 1988), en las últimas décadas ha tenido un auge debido a la creciente demanda mundial por aceite vegetal (Byerlee *et al.*, 2017; Sayer *et al.*, 2012). El aceite de palma puede producir más aceite vegetal por unidad de tierra que cualquier otro cultivo. Debido a esta ventaja comparativa, ahora es común utilizarlo para consumo humano directo, como biocombustible y como ingrediente en muchos alimentos procesados y productos cosméticos, farmacéuticos e industriales (Corley y Tinker, 2016). El área mundial sembrada con palma de aceite pasó de menos de 5 millones de

hectáreas en 1980 a más de 20 millones de hectáreas en 2018 (FAO, 2019). Este crecimiento ocurrió principalmente en Indonesia y Malasia. Actualmente, las exportaciones de estos dos países representan casi el 85 % del aceite de palma comercializado en todo el mundo (FAO, 2019).

Aunque este auge de la palma de aceite ha sido un motor de crecimiento económico en los países productores, también ha dado lugar a importantes críticas debido a los negativos efectos ambientales y sociales (Obidzinski *et al.*, 2012; Pye, 2019; Sayer *et al.*, 2012). Su expansión ha contribuido a la deforestación tropical y a la pérdida de biodiversidad asociada, emisiones de gases de efecto invernadero, degradación del suelo, incendios forestales y de turba, y a la contaminación del aire y del agua (Clough *et al.*, 2016; Dislich *et al.*, 2017; Foster *et al.*, 2011; Saharjo y Munoz, 2005; Wilcove y Koh, 2010). Desde una perspectiva social, suele afirmarse que las comunidades rurales locales sufren

conflictos sobre la tierra y sobre los derechos de los trabajadores causados por la expansión de la palma de aceite promovida por las grandes compañías (Hidayat *et al.*, 2018; Overbeek *et al.*, 2012; Pye, 2019). Por otro lado, las comunidades locales pueden beneficiarse de este auge. Además de las grandes compañías, los pequeños productores también participan de manera significativa en la producción de la palma de aceite. Se estima que estos siembran alrededor del 50 % del área de palma de aceite en todo el mundo (Byerlee *et al.*, 2017). Investigaciones recientes con datos de Indonesia mostraron que la palma de aceite contribuye a aumentar los ingresos agrícolas y el empleo, y a reducir las tasas de pobreza a nivel local, regional y nacional (Bou Dib *et al.*, 2018b; Edwards, 2019a; Kubitza *et al.*, 2018a). Estos efectos económicos y sociales positivos rara vez se mencionan en el debate público, posiblemente porque no se ajustan a la narrativa popular de que la palma de aceite es un mal mayor (Edwards, 2019a; Meijaard y Sheil, 2019).

Si bien cada vez son más las investigaciones sobre los efectos del auge de la palma de aceite, la mayoría de los estudios examinan las variables de resultados específicos sin incluir otras dimensiones relevantes de sostenibilidad. Del mismo modo, los estudios sobre los efectos ambientales suelen ser publicados en revistas diferentes a las que presentan estudios sobre efectos económicos y sociales, lo que da lugar a la coexistencia de una gran cantidad de literatura con muy poca interacción. Las revisiones más amplias que sintetizan la evidencia desde una perspectiva interdisciplinaria, son raras. Una excepción es el libro escrito por Byerlee *et al.* (2017), que presenta una visión amplia y agregada de varias dimensiones importantes de la revolución del cultivo oleaginoso tropical. Sin embargo, debido a la amplitud de los temas tratados, Byerlee *et al.* (2017) apenas abordan el creciente número de estudios de micronivel sobre los efectos ambientales, económicos y sociales del auge de la palma de aceite. Esto es lo que hacemos en este artículo. Si bien abordamos evidencia de todo el mundo, hacemos énfasis en Indonesia, no solo porque es el principal productor de aceite de palma del mundo, sino también debido a la existencia de un gran proyecto interdisciplinario de investigación sobre el cambio de uso de la tierra en Sumatra, en el que hemos participado durante

varios años (Clough *et al.*, 2016; Drescher *et al.*, 2016; Krishna *et al.*, 2017b).

Tendencias en la producción y el uso de aceite de palma en el mundo

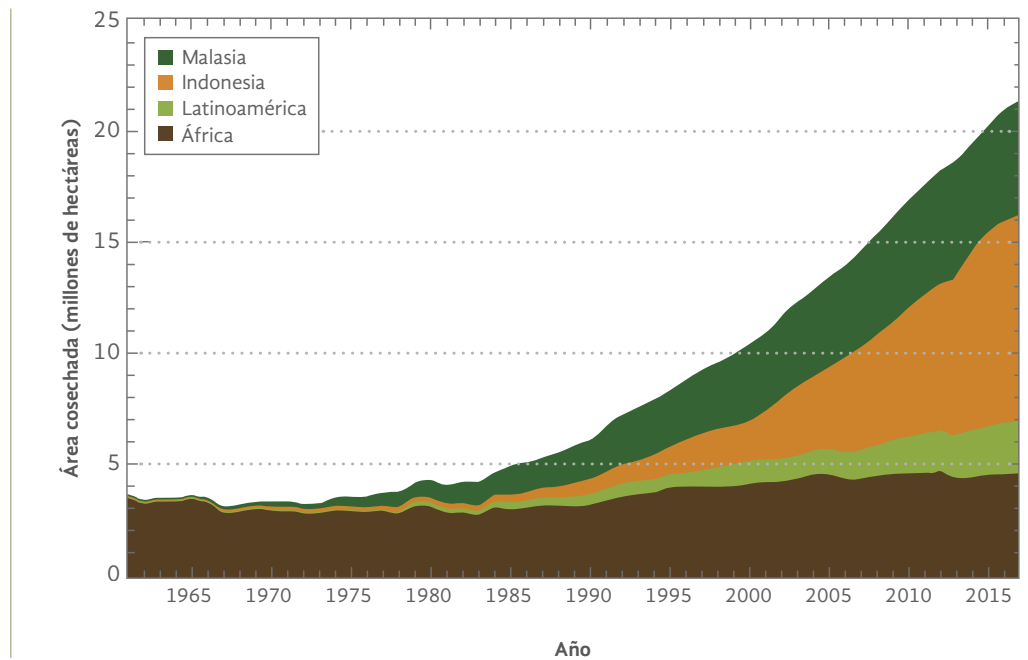
Tendencias en la producción

La palma de aceite es originaria de África Central y Occidental y crece mejor en los trópicos húmedos de tierras bajas (Corley y Tinker, 2016). Registros históricos muestran que el aceite de palma se utiliza desde hace miles de años en el antiguo Egipto. Durante la época colonial, el aceite de palma también comenzó a recibir atención en Europa, pero la producción se limitó principalmente a África. En este continente, la palma de aceite fue cultivada principalmente por pequeños productores (Ordway *et al.*, 2019). Solo hasta inicios del siglo XX se establecieron unas pocas grandes plantaciones de palma de aceite, principalmente a manos de compañías europeas (Byerlee *et al.*, 2017).

En Latinoamérica, el aceite de palma probablemente fue introducido por personas de ascendencia africana en las regiones costeras de Brasil (Hartley, 1988). Las principales plantaciones comerciales de palma de aceite se establecieron en Honduras y Costa Rica en la década de los cuarenta y, posteriormente, en otras partes de Latinoamérica (Corley y Tinker, 2016). En el Sudeste Asiático, la palma de aceite fue introducida por europeos en el siglo XIX, primero como una planta ornamental y, después, para la producción de aceite vegetal (Cramb y Curry, 2012). Sin embargo, la producción de palma de aceite por fuera de África siguió siendo relativamente pequeña hasta la segunda mitad del siglo XX. En la década de los sesenta, más del 95 % del aceite de palma del mundo estaba ubicado en África, con Nigeria como el principal productor (Tabla complementaria 1).

Desde mediados de la década de los setenta ocurrieron importantes eventos. El área mundial sembrada con palma de aceite aumentó drásticamente y la mayoría ocurrió en el Sudeste Asiático, especialmente en Indonesia y Malasia (Figura 1). El aumento en la producción coincidió con un crecimiento en la demanda internacional de aceite vegetal y recibió apoyo a través de inversiones públicas y subsidios en varios

Figura 1. Área de palma de aceite cosechada en el mundo (1961-2017) en millones de hectáreas (ha). Con base en datos de la FAO (2019)



países del Sudeste Asiático (Cramb y Curry, 2012). Es interesante que la producción de palma de aceite en África apenas aumentó en las últimas décadas, lo que se atribuye principalmente a la inestabilidad de las condiciones políticas y a la falta de estímulo de los gobiernos y los inversionistas privados (Carrere, 2013).

Gran parte de la expansión de la palma de aceite en el Sudeste Asiático ocurrió en tierras que anteriormente estaban sembradas con alimentos y cultivos comerciales, o en bosque degradado y en tierras en barbecho (Gatto *et al.*, 2015). Sin embargo, también se establecieron varias plantaciones mediante la tala directa de bosques prístinos (Gibbs *et al.*, 2010; IUCN, 2018; Margono *et al.*, 2014). En Indonesia y Malasia, cerca del 60 % del área sembrada con palma de aceite es administrada por grandes compañías públicas y privadas que poseen concesiones a largo plazo sobre la tierra otorgada por el Estado; el resto es administrado por pequeños productores (Byerlee *et al.*, 2017; Euler *et al.*, 2016a; Jelsma *et al.*, 2017). Por lo general se apoyaba a los pequeños productores para que iniciaran el cultivo de palma de aceite con subsidios del gobierno y esquemas de contratación, aunque recientemente muchos de los pequeños productores expandieron sus áreas independientemente, sin apoyo del gobierno ni contratos con compañías (Cahyadi y Waibel, 2016; Cramb y Curry, 2012; Krishna *et al.*, 2017a).

Debido a una demanda cada vez mayor, es probable que la producción de aceite de palma siga creciendo en el futuro. Si bien el Sudeste Asiático tiene tierra disponible que podría convertirse en plantaciones de palma de aceite, las preocupaciones ambientales, la competencia con la naturaleza y los objetivos de conservación de las selvas tropicales aumentan. Por lo tanto, es probable que, en el futuro, ocurra una expansión más significativa en otras partes del mundo, incluyendo África y Latinoamérica (Pirker *et al.*, 2016).

Tendencias de uso

La palma de aceite produce racimos de fruta que pueden cosecharse durante todo el año. Los frutos deben molerse para extraer el aceite vegetal. Hay dos tipos de aceite, que por lo general se comercializan por separado: el aceite de palma, obtenido del mesocarpio carnoso del fruto (cerca del 90 % del aceite total) y el aceite de palmiste, extraído del endospermo de la semilla (Corley y Tinker, 2016). Los frutos son perecederos y deben molerse dentro de las 24 horas siguientes a su cosecha. En África, la molienda se hace tradicionalmente en la finca, antes de vender el aceite de palma en los mercados locales (Ordway *et al.*, 2019; Ruml y Qaim, 2019). Esta molienda tradicional produce aceite de palma no procesado que tiene un

intenso pigmento rojo anaranjado debido a su alto contenido de betacarotenos. Este aceite de palma rojo es saludable y nutritivo (Canfield *et al.*, 2001), pero tiene una vida útil relativamente corta y, por lo tanto, no es utilizado por las grandes industrias ni para el comercio internacional (Osei-Amponsah *et al.*, 2012). Por fuera de África, donde el aceite de palma no es un cultivo tradicional, los agricultores principalmente venden sus racimos de fruta a grandes plantas de beneficio. Estas producen aceite de palma refinado, que tiene una vida útil mucho mayor, pero es blanqueado y ya no tiene betacarotenos. Últimamente, las grandes plantas de beneficio que producen aceite de palma refinado también han cobrado importancia en África (Rumi y Qaim, 2019).

Hasta la década de los ochenta, el aceite de palma era utilizado principalmente como alimento para consumo humano. Desde mediados de esta década, también ganó importancia para usos industriales no relacionados con alimentos (Figura complementaria 1), incluyendo biodiésel. El aceite de palmiste es utilizado principalmente en productos industriales, incluyendo la industria química, farmacéutica y cosmética. Hoy en día, cerca del 70 % de la producción mundial de aceite de palma se utiliza para alimentos y el 30 % restante para fines industriales. De las cantidades industriales, cerca de dos tercios se utilizan para producir biodiésel (USDA, 2019). La mayor cantidad de aceite de palma se consume en Indonesia, India y la Unión Europea (UE) (Tabla Complementaria 2). La UE es la principal importadora de aceite de palma, ya que prácticamente no hay producción local en Europa.

El aceite de palma tiene un alto contenido de ácidos grasos saturados y, por lo tanto, algunas veces es visto como menos saludable que otros aceites vegetales para consumo humano. Sin embargo, un metaanálisis de 51 estudios originales no encontró efectos sistemáticos en los indicadores de enfermedades coronarias y cardiovasculares por un alto consumo de aceite de palma (Fattore *et al.*, 2014). Más allá de los aspectos relacionados con la salud, el aceite de palma es muy popular debido a sus propiedades químicas únicas que lo hacen útil para varios fines. Adicionalmente, es más barato que otros aceites vegetales debido a la alta productividad de la palma de aceite por unidad de tierra. Una hectárea de palma de aceite suele producir más de tres toneladas de aceite vegetal, mientras que una

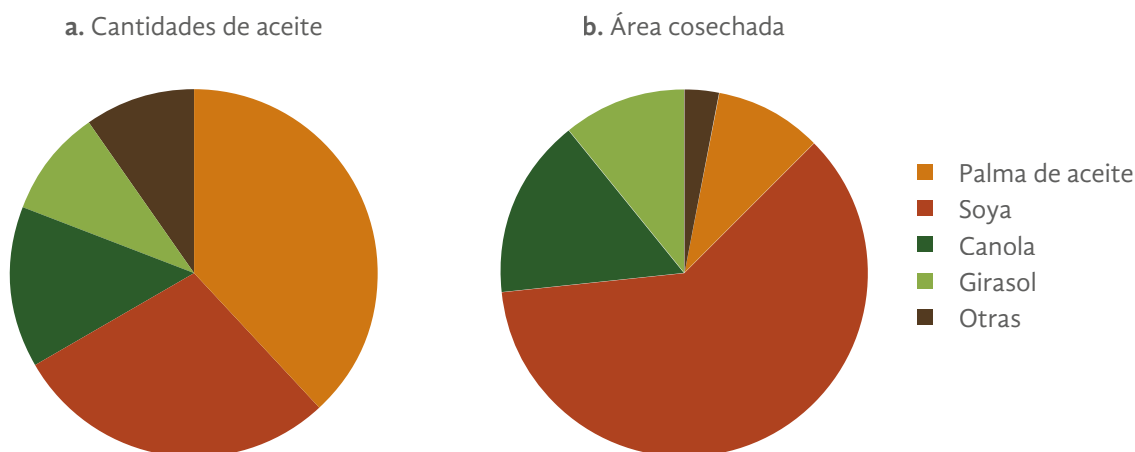
hectárea de soya, canola o girasol produce menos de una tonelada de aceite vegetal (FAO, 2019). La soya, la canola y el girasol producen más harina de proteína, pero, no hay ningún cultivo que supere a la palma de aceite en términos de producción de aceite. Otro elemento que suma a la ventaja comparativa de la palma de aceite es que necesita menos fertilizante, energía y pesticidas que otros cultivos para producir una tonelada de aceite vegetal (Byerlee *et al.*, 2017). En 2017, cerca del 40 % de todo el aceite vegetal producido en el mundo se derivó de la palma de aceite, aunque esta solo sumaba el 10 % del área total sembrada con cultivos oleaginosos (Figura 2).

Las grandes diferencias en la productividad de la tierra entre los cultivos oleaginosos implican que, de hecho, la palma de aceite puede ayudar a reducir el cambio en el uso de la tierra para satisfacer la creciente demanda de aceites vegetales. Una desventaja es que la palma de aceite solo crece en los trópicos húmedos, donde compite con la selva húmeda tropical. La palma de aceite no es la única causa de las altas tasas de deforestación tropical observadas, no obstante, la preocupación internacional por el cambio climático y la pérdida de biodiversidad ha aumentado recientemente, con repercusiones en esta industria. Se han desarrollado e implementado estándares internacionales y esquemas de certificación con el objetivo de reducir los impactos ambientales negativos de la producción de aceite de palma. Varios países de la UE fijaron metas de certificación para su importación. La principal iniciativa de certificación es la Mesa Redonda del Aceite de Palma Sostenible (RSPO), que a 2019 había certificado cerca del 20 % de la producción de aceite de palma (<https://www.rsपो.org>). Más allá de la certificación, la UE ha indicado que en el futuro podría prohibir el biodiésel a base de aceite de palma. Tales políticas de las regiones importadoras tienen grandes repercusiones sobre los países productores y los flujos del comercio internacional (Taheripour *et al.*, 2019).

Efectos ambientales

El auge de la palma de aceite ha contribuido al crecimiento económico, pero también ha generado críticas sobre sus efectos ambientales negativos. Varios estudios identificaron la palma de aceite como el motor

Figura 2. Importancia de la palma de aceite en comparación con otros cultivos oleaginosos en 2017. a. Porcentaje de aporte de los diferentes cultivos a las cantidades de aceite vegetal producidas en el mundo. Con base en datos de USDA (2019). b. Porcentaje de aporte de los diferentes cultivos al área de cultivos oleaginosos cosechada en el mundo. Con base en datos de la FAO (2019)



de la deforestación y el cambio del uso de la tierra, así como de las pérdidas relacionadas en las funciones del ecosistema y la biodiversidad. En esta sección, primero presentamos una visión internacional de los efectos ambientales en los países productores de Asia, África y Latinoamérica, incluyendo una comparación entre la palma de aceite y los principales cultivos oleaginosos y plantaciones que compiten entre sí. Después, nos enfocamos con mayor detalle en Indonesia, donde recolectamos datos sobre la biodiversidad y el funcionamiento del ecosistema durante varios años.

Panorama internacional

Presentamos un panorama internacional de las consecuencias ambientales de la expansión de la palma de aceite, diferenciando entre la pérdida de selva tropical, los efectos sobre la biodiversidad y sobre las funciones del ecosistema como almacenamiento de carbono, regeneración del suelo y purificación del aire y el agua, entre otras.

Efectos sobre las selvas tropicales

La expansión de la palma de aceite desde mediados de la década de los setenta ha transformado fuertemente los paisajes tropicales. Una de las principales

consecuencias ha sido la deforestación de las selvas tropicales, con grandes impactos sobre la biodiversidad y las funciones del ecosistema. Durante los últimos 40 años, la palma de aceite representó el 47 % y el 16 % de la deforestación total en Malasia e Indonesia, respectivamente (IUCN, 2018). Con una pérdida promedio de bosque de 350.000 hectáreas por año, la deforestación es particularmente dramática en la isla de Borneo, donde aproximadamente la mitad de esta, entre 2005 y 2015, estuvo directamente relacionada con plantaciones industriales de palma de aceite (Gaveau *et al.*, 2016; IUCN, 2018).

En África, las tasas de deforestación por la expansión de la palma de aceite son mucho menores que en el Sudeste Asiático, coincidiendo con la menor importancia económica del cultivo. Tan solo cerca del 3 % de la pérdida de bosques en Nigeria entre 2005 y 2015 se atribuyó al desarrollo de la palma de aceite (Okoro *et al.*, 2016). Esta tampoco ha sido el principal factor de la deforestación en Latinoamérica. Si bien las tasas promedio de deforestación han sido altas en muchos países de esta región, cerca del 80 % de la expansión regional de palma de aceite ocurrió no a expensas de bosques, sino en pastizales abandonados y otros sistemas de uso del suelo (Furumo y Aide, 2017). En Brasil, la palma de aceite se produce principalmente en el estado amazónico de Pará, al oriente, donde el área

del cultivo se duplicó entre 2004 y 2010 (Vilella *et al.*, 2014). Los planes del gobierno brasileño de aumentar la producción de biocombustible significativamente sugieren que la expansión de la palma de aceite a gran escala es probable en el futuro (Lees *et al.*, 2015). Sin embargo, se espera que una gran parte de esta expansión ocurra en tierras ya despejadas, potencialmente minimizando la deforestación adicional (Lees *et al.*, 2015). Por supuesto, no se pueden descartar los efectos indirectos.

A nivel mundial, cerca de la mitad del área actual sembrada con palma de aceite se desarrolló a expensas de bosques (variando desde el 68 % en Malasia al 5 % en Centroamérica), mientras que la otra mitad reemplazó pastizales, matorrales y otros usos de la tierra (IUCN, 2018). Sin embargo, desde una perspectiva a más largo plazo, la gran mayoría de los usos de la tierra reemplazados habían sido convertidos anteriormente de tierras naturales, incluyendo puntos calientes de biodiversidad como la selva tropical amazónica o la sabana del Cerrado en Brasil.

Aunque se dispone de conjuntos de datos exhaustivos sobre la producción industrial de aceite de palma, el papel de los pequeños agricultores en la expansión de la palma de aceite y la deforestación sigue siendo menos conocido (Carlson y Garrett, 2018). Es evidente que los pequeños productores también participan en gran medida de la deforestación (Krishna *et al.*, 2017b; Kubitzka *et al.*, 2018b). Cohn *et al.* (2017) utilizaron datos de varias regiones del mundo para mostrar que el menor tamaño medio de las fincas está relacionado con una mayor pérdida de bosque por hectárea de tierra agrícola, lo que significa que los pequeños productores tienden a tener un efecto desproporcionadamente grande sobre el entorno natural. Esto se puede explicar, en parte, por una menor producción de los cultivos de las fincas de pequeños productores y una falta de títulos de tierra formales.

Efectos sobre la biodiversidad

El despeje de selvas tropicales para sembrar palma de aceite lleva a una fuerte reducción en la biodiversidad local y regional (Clough *et al.*, 2016; Fitzherbert *et al.*, 2008; IUCN, 2018, Rembold *et al.*, 2017). Si bien las selvas tropicales pueden alojar >470 especies de árboles por hectárea (Valencia *et al.*, 1994), la palma de aceite

suele producirse en monocultivos. En comparación con los bosques que reemplazan, estos monocultivos son mucho menos complejos estructuralmente; es decir, que tienen solo una capa de dosel en vez de varios estratos forestales, carecen de una compleja y rica vegetación en el subsuelo y están casi desprovistos de hojarasca y desechos leñosos, todo lo cual es necesario para fomentar la alta biodiversidad de los bosques tropicales. Además, los pesticidas, fertilizantes químicos y las frecuentes perturbaciones humanas hacen que las plantaciones de palma de aceite sean inhóspitas para la gran mayoría de especies forestales. Entre los ejemplos populares de especies incompatibles con las plantaciones figuran los orangutanes y tigres de Borneo y Sumatra, que están en peligro crítico de extinción (Luskin *et al.*, 2017). Ciertas aves (Edwards *et al.*, 2013; Lees *et al.*, 2015), anfibios (Paoletti *et al.*, 2018), peces (Giam *et al.*, 2015), plantas (Rembold *et al.*, 2017), insectos (Mumme *et al.*, 2015; Scriven *et al.*, 2017) y especies que viven en el subsuelo (Brinkmann *et al.*, 2019; Sahner *et al.*, 2015; Susanti *et al.*, 2019) también están en riesgo.

El conocimiento sobre los efectos de la palma de aceite sobre la biodiversidad en regiones diferentes al Sudeste Asiático es escaso. A partir del estudio de varios usos del suelo en el Amazonas oriental, Lees *et al.* (2015) concluyeron que las plantaciones de palma de aceite alojaban menor diversidad de aves que los pastizales y una diversidad similar o menor que las plantaciones de soya y eucalipto. No obstante, los fragmentos de bosque que las compañías de palma de aceite están obligadas a proteger bajo la ley brasileña alojan una alta diversidad de aves (Lees *et al.*, 2015).

Para evaluar exhaustivamente los efectos sobre la biodiversidad, la palma de aceite no debe compararse únicamente con el bosque, sino también con usos alternativos del suelo. Otro cultivo de plantación importante en el Sudeste Asiático es el caucho. Al igual que la palma de aceite, hoy en día el caucho se produce principalmente en plantaciones de monocultivo, con efectos comparables sobre la biodiversidad (Clough *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2017). Estudios realizados en Indonesia y Tailandia encontraron una similitud entre los niveles bajos de diversidad de aves en monocultivos de palma de aceite y caucho (Aratrakorn *et al.*, 2006; Prabowo *et al.*, 2016). El valor de la biodiversidad aumenta significativamente cuando los árboles

de caucho se intercalan con árboles activos en sistemas agroforestales (Clough *et al.*, 2016). Sin embargo, debido a su baja producción y altos costos de mano de obra, los tradicionales sistemas agroforestales de caucho fueron transformados casi que completamente a monocultivos en partes del Sudeste Asiático.

La soya es otro de los principales cultivos que ha contribuido a fuertes transformaciones en los paisajes tropicales desde la década de los sesenta. En los dos años anteriores a la veda de la soya en Brasil en el 2006, casi el 30 % de la expansión ocurrió con deforestación del Amazonas (Gibbs *et al.*, 2015). La veda no aplica en el ecosistema de sabana más biodiverso del mundo, la sabana del Cerrado en Brasil, donde la expansión de la soya sigue siendo considerable (Gibbs *et al.*, 2015). A pesar de la importancia económica y ambiental, aparentemente no existen estudios sobre cómo el cultivo de la soya afecta la biodiversidad (Carlson y Garrett, 2018). Por lo tanto, es difícil hacer comparaciones directas con la palma de aceite.

Efectos sobre funciones del ecosistema

La conversión de bosques a plantaciones de palma de aceite también afecta las funciones del ecosistema. Entre otras, incluyen el almacenamiento de carbono, los ciclos de nutrientes y la purificación del aire y el agua. Estas y muchas otras funciones de los ecosistemas también aportan al bienestar humano y, por lo tanto, pueden clasificarse adicionalmente como servicios del ecosistema, término popularizado por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de la Organización de las Naciones Unidas (MEA, 2005).

La conversión de bosques tropicales para uso agrícola a menudo lograda despejando las tierras con fuego es una fuente significativa de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (Carlson *et al.*, 2012). Las reservas de carbono en pie de una selva húmeda tropical varían de 175 a 272 toneladas por hectárea (Katayama *et al.*, 2013; Sayer *et al.*, 2012). En comparación, dependiendo de la edad y la densidad de la plantación, las reservas de carbono de las plantaciones de palma de aceite varían entre 2 y 60 toneladas por hectárea (Kho y Jepsen, 2015). Al comparar los bosques primarios con las plantaciones de palma de aceite en Sumatra, Kotowska *et al.* (2015) mostraron que las reservas de carbono se reducen en 167 tonela-

das por hectárea (de 195 toneladas por hectárea en los bosques a 28 toneladas por hectárea en las plantaciones de palma de aceite). No obstante, con una pérdida promedio de reservas de carbono de 157 toneladas por hectárea, las reducciones son igualmente altas para la conversión de bosque primario a un monocultivo de caucho (Kotowska *et al.*, 2015). También es importante resaltar que las reservas de carbono de las plantaciones maduras de palma de aceite siguen siendo mucho más altas que las de otros cultivos oleaginosos como la soya, con una biomasa en pie de aproximadamente 6 toneladas por hectárea al final de un periodo de cultivo de 120 días (Sayer *et al.*, 2012).

Con un enfoque en los biocombustibles, se ha afirmado que las deudas de carbono causadas por la deforestación eventualmente se compensan con los ahorros de carbono de la producción de biodiésel a partir de palma de aceite, en vez del diésel producido a partir de petróleo. Sin embargo, el tiempo necesario para la compensación depende en gran medida del uso anterior de la tierra. Es de cerca de 86 años cuando la palma de aceite reemplaza selvas húmedas tropicales y de hasta 840 años cuando se deforesta y drena turba (Fargione *et al.*, 2008), por lo tanto, en relación con las emisiones causadas por combustibles fósiles, la producción de biodiésel a partir de la palma de aceite de hecho aumenta las emisiones netas de CO₂ durante décadas o incluso siglos (Fargione *et al.*, 2008).

Las plantaciones de palma de aceite afectan significativamente la calidad del aire y el agua a nivel regional y local. Al establecer plantaciones con incendios para despejar tierras, se liberan grandes cantidades de humo, CO₂ y gases tóxicos (CO, CO₃, NO₂), causando problemas respiratorios y una mayor mortalidad humana (Johnson *et al.*, 2012). Los incendios y los problemas a la salud asociados aumentan durante los años secos con episodios de El Niño (Dislich *et al.*, 2017). Una vez establecidas, las plantaciones de palma de aceite emiten compuestos orgánicos volátiles que promueven la producción de aerosoles y neblina, reduciendo la calidad del aire a nivel local (Pyle *et al.*, 2011). El cultivo de palma de aceite a gran escala también afecta la calidad del agua a nivel regional, principalmente debido a la aplicación excesiva de fertilizantes que causa contaminación por nitratos (Comte *et al.*, 2012) y la redistribución de flujos de agua que causa escasez periódica de la misma en las poblaciones que rodean las fincas

de palma de aceite (Merten *et al.*, 2016). Adicionalmente, algunas plantas de beneficio vierten millones de toneladas de efluente de la planta procesadora de aceite de palma (una mezcla contaminada de cáscaras trituradas, agua y residuos de grasas) a los cuerpos de agua sin antes tratarlos, cada año (Comte *et al.*, 2012).

Evidencia de micronivel en Indonesia

Hemos recolectado datos sobre la biodiversidad y el medio ambiente en la provincia de Jambi en Sumatra desde el 2012. Jambi ha sido uno de los principales lugares del auge de la palma de aceite de Indonesia durante los últimos 25 años. Nuestros datos incluyen estudios ecológicos en 24 lotes de estudio, 8 de ellos ubicados en selva tropical primaria protegida y 8 lotes ubicados en monocultivos de palma de aceite y caucho de pequeños productores, respectivamente (Clough *et al.*, 2016; Drescher *et al.*, 2016). También estudiamos las funciones ecológicas en ocho lotes agroforestales tradicionales de caucho (Clough *et al.*, 2016); sin embargo, dado que este sistema agroforestal tradicional tiene poca relevancia práctica hoy en día, no incluimos estos resultados en este estudio.

Biodiversidad y funciones del ecosistema en selva tropical, palma de aceite y caucho

La deforestación de la selva tropical baja en Jambi comenzó hace más de 100 años, mucho antes de que se introdujera la palma de aceite. Su tala y conversión para otros usos de la tierra se intensificó en la década de los setenta. Con altas tasas de deforestación entre 1990 y 2000, la provincia de Jambi perdió la mayoría de su selva tropical baja (Clough *et al.*, 2016). Hoy en día, el uso de la tierra en la provincia está dominado por plantaciones de monocultivo, con el caucho y la palma de aceite siendo los dos cultivos más importantes en términos de área. Nuestro análisis integral de la biodiversidad de 12 grupos taxonómicos diferentes reveló una fuerte disminución general en la riqueza de las especies con la conversión de bosque a plantaciones de palma de aceite de pequeños productores (Figura 3a). Con pocas excepciones (por ejemplo, murciélagos, plantas de sotobosque), la mayoría de los taxones también son menos abundantes en las plantaciones de palma de aceite que en los bosques.

Las diferencias entre la palma de aceite y el caucho son menos claras. De hecho, las plantaciones de caucho con frecuencia alojan una diversidad de especies similar o incluso menor que las plantaciones de palma de aceite (Figura 3b).

Además de los efectos sobre la biodiversidad, también cuantificamos las funciones del ecosistema en palma de aceite y caucho. En comparación con los bosques, la biomasa de los árboles, la descomposición de la hojarasca, la salud de las raíces y la actividad y biomasa microbiana se redujeron significativamente en ambas plantaciones de monocultivo, mientras que los flujos de lixiviación de nutrientes (perjudiciales para la agricultura) fueron mayores en la palma de aceite (Clough *et al.*, 2016). De manera similar, el aire en las plantaciones de palma de aceite y de caucho es, en promedio, más caliente (aproximadamente 2 °C) y más seco (aproximadamente 12 % menos de humedad relativa) que el aire en los bosques, lo que demuestra que la agricultura de plantaciones cambia el clima local (Meijde *et al.*, 2018). Al cuantificar las reservas de carbono por encima y por debajo del suelo, las pérdidas de carbono debido a la conversión de bosques a palma de aceite y caucho promediaron 61 % y 56 %, respectivamente (Guillaume *et al.*, 2018). Al estudiar las comunidades de invertebrados en bosques y plantaciones de palma de aceite, detectamos una reducción de hasta el 51 % en el flujo de energía de cadenas alimenticias, lo que indica que las interacciones entre especies, tales como los depredadores que se alimentan de presas, se ven altamente perjudicadas (Barnes *et al.*, 2014). En conjunto, nuestros hallazgos hacen eco de los fuertes efectos ambientales de la palma de aceite, pero también resaltan los efectos negativos similares de otros usos agrícolas de la tierra en la provincia de Jambi.

Validez externa

Los resultados numéricos concretos de la provincia de Jambi no deben extrapolarse directamente a otras partes del mundo, aunque muchas de las conclusiones generales pueden ser válidas en un ámbito más amplio, al menos en el Sudeste Asiático. En los lugares en los que la intensidad del manejo de las plantaciones de palma de aceite y la presión sobre los ecosistemas naturales es normal (por ejemplo, en Malasia), se pueden esperar

efectos negativos comparables sobre la biodiversidad y las funciones del ecosistema. En los lugares en los que se cultiva la palma de aceite con menor intensidad, por ejemplo, en sistemas orgánicos o agroforestales extensos, los efectos ambientales negativos por unidad de tierra pueden ser menores, pero los efectos por unidad de producción pueden no ser diferentes o incluso mayores, puesto que los sistemas menos intensivos también tienen un mejor rendimiento (Meemken y Qaim, 2018). Hasta el momento muy pocos estudios han analizado los efectos ambientales de la palma de aceite en África y Latinoamérica detalladamente, lo que es una laguna en la investigación, especialmente considerando que estas pueden ser las regiones con la principal expansión de la palma de aceite en el futuro.

Efectos económicos y sociales

La palma de aceite es cultivada por grandes compañías y pequeños productores. Varios estudios han analizado los efectos del cultivo y su expansión sobre el crecimiento económico y otras dimensiones del bie

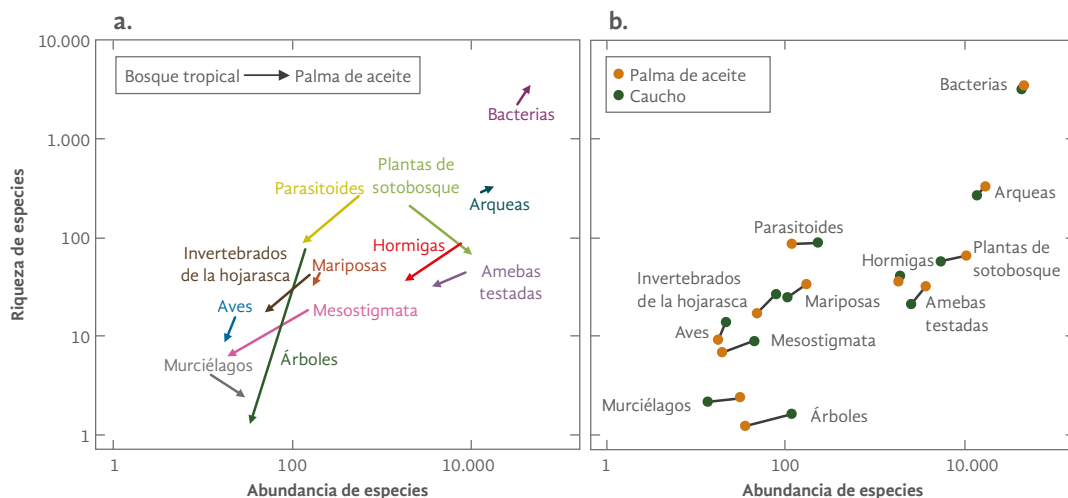
nestar humano. Como en la sección anterior tratamos los efectos ambientales, en esta sección iniciamos con una visión general de los efectos económicos y sociales en varias partes del mundo antes de analizar a Indonesia con más detalle.

Visión internacional

Para muchos países tropicales, la palma de aceite es un componente importante del producto interno bruto y los ingresos de divisas. En 2018, el monto total del comercio internacional de aceite de palma sumó 30 mil millones de dólares, con Indonesia y Malasia como los principales exportadores. En Indonesia, el aceite de palma representa casi que el 10 % del total de las exportaciones del país. También, en varias naciones más pequeñas, como Honduras, Papúa Nueva Guinea, Islas Salomón y Guatemala, las exportaciones de aceite de palma representan aproximadamente el 5 % del total de exportaciones del país (Tabla 3 en material complementario, véase el link al final del documento).

Figura 3. Biodiversidad de la selva tropical y las plantaciones de palma de aceite y caucho de pequeños productores en la provincia de Jambi, Indonesia.

a. Efectos sobre la biodiversidad de la transformación de la selva tropical en plantaciones de palma de aceite de pequeños productores. Las flechas indican cambios en la riqueza de especies (número total de especies) y la abundancia de las especies (número total de individuos) para 12 grupos taxonómicos; las puntas de las flechas marcan los resultados de la biodiversidad en plantaciones de palma de aceite. b. Comparación de biodiversidad en palma de aceite (círculos amarillos) y caucho (círculos verdes) en plantaciones de pequeños productores. Los valores de riqueza y abundancia son promedios basados en estudios estandarizados de biodiversidad en 24 lotes de estudio de 50 x 50 m en las tierras bajas tropicales de Sumatra, Indonesia. Basado en datos de Barnes *et al.* (2014), Clough *et al.* (2016), Drescher *et al.* (2016), Grass *et al.* (2020), Krashevskaya *et al.* (2016), Rembold *et al.* (2017), Sahrner *et al.* (2015) y Schneider *et al.* (2015).



En muchos casos en los que la palma de aceite se expandió recientemente, los agricultores pasaron de cultivar alimentos u otros cultivos comerciales a palma de aceite. En otros lugares, las tierras en barbecho o los bosques se convirtieron en plantaciones de palma de aceite, con los efectos ambientales negativos descritos anteriormente. Varios estudios en diferentes países mostraron que este cultivo ha contribuido considerablemente al desarrollo económico rural. Una conclusión general es que la expansión de la palma de aceite ha traído un aumento importante en los ingresos para los agricultores, trabajadores y otras personas involucradas en la cadena de suministro, incluyendo los comerciantes, intermediarios y procesadores a pequeña escala. Los hogares y comunidades rurales se han beneficiado en términos de mayores ingresos de sus fincas, nuevas oportunidades de empleo, mejor infraestructura rural (Edwards, 2019a, b; Feintrenie *et al.*, 2010; Gatto *et al.*, 2017; Naylor *et al.*, 2019; Obado *et al.*, 2009; Obidzinski *et al.*, 2012; Rist *et al.*, 2010). No obstante, no todos los hogares y comunidades se benefician en la misma medida (McCarthy, 2010; Obidzinski *et al.*, 2012; Santika *et al.*, 2019a).

Efectos sobre hogares agrícolas

En el Sudeste Asiático, varios estudios mostraron que el cultivo de la palma de aceite contribuye a mayores ingresos, acumulación del capital y mayores gastos en alimentos, salud, educación y bienes de consumo duraderos en los hogares de pequeños productores (Alwarritzi *et al.*, 2016; Cramb y Curry, 2012; Feintrenie *et al.*, 2010; Kubitza *et al.*, 2018a; Obidzinski *et al.*, 2012; Rist *et al.*, 2010; Sibhatu, 2019; Susila, 2004). En África, los hogares agrícolas también suelen estar en mejor situación cuando cultivan la palma de aceite que cuando no lo hacen. Un estudio realizado en Guinea mostró que los agricultores de palma de aceite tenían ingresos más estables y mayores niveles de seguridad alimentaria que los que no sembraban palma de aceite ni otros cultivos comerciales (Balde *et al.*, 2019). Una investigación realizada en Ghana mostró que los agricultores de palma de aceite tienen mayores ingresos y sufren menos pobreza multidimensional que otros, también después de controlar posibles factores de confusión (Ahmed *et al.*, 2019).

Efectos sobre hogares no agrícolas

Los efectos sobre hogares no agrícolas también fueron analizados en varios estudios. La palma de aceite es relativamente intensiva en mano de obra porque la mayoría de las operaciones se realiza manualmente (van Noordwijk *et al.*, 2001). En Indonesia, la palma de aceite en plantaciones de grandes compañías y fincas de pequeños productores creó empleo rural y beneficios económicos para muchos trabajadores sin tierras (Obidzinski *et al.*, 2012; Santika *et al.*, 2019b). En Ghana, trabajar con la palma de aceite es una fuente importante de ingresos para muchos hogares rurales y sus empleados están en mejor situación que aquellos que trabajan en otros subsectores agrícolas (Ahmed *et al.*, 2019). Estudios realizados en Ghana y Camerún mostraron que la creciente demanda por aceite de palma permitió a empresarios de pequeña escala, incluyendo mujeres rurales pobres, establecer plantas artesanales de procesamiento y generar ingresos extras (Awusabo-Asare y Tanle, 2008; Nkongho *et al.*, 2014). Una investigación realizada en Nigeria mostró que las plantas de beneficio a pequeña escala también generan empleo para los hogares rurales (Ohimain y Izah, 2014). En Uganda, muchos adultos jóvenes están migrando a las regiones donde se cultiva la palma de aceite debido a las nuevas y lucrativas oportunidades de empleo (Green Livelihoods Alliance, 2019).

En México y Guatemala, los hogares rurales también se benefician de los nuevos empleos y mayores ingresos de los trabajos en el sector de la palma de aceite (Abrams *et al.*, 2019; Mingorría *et al.*, 2014). No obstante, a pesar de los salarios más altos, el empleo en el sector no necesariamente mejora el bienestar en términos de seguridad alimentaria y otras dimensiones no relacionadas con los ingresos, pues esto también depende de la disponibilidad local de alimentos, la eficiencia de los mercados de alimentos y los roles de género al interior de los hogares (Castellanos-Navarrete *et al.*, 2019; Hamann, 2018; Mingorría *et al.*, 2014).

Efectos más amplios sobre el desarrollo rural

Más allá de los hogares agrícolas y no agrícolas individuales, varios estudios examinaron el impacto del auge de la palma de aceite sobre el desarrollo económico y social más amplio con datos a nivel de finca

o regional. Estudios realizados en Indonesia mostraron que el auge de la palma de aceite llevó a mejorar la electrificación rural, la infraestructura vial y de mercados, nuevas escuelas y mejores instalaciones de salud (Edwards, 2019b; Gatto *et al.*, 2017). Edwards (2019b) utilizó datos a nivel municipal de Indonesia y un marco de diferencia en diferencia para mostrar que la expansión de la palma de aceite era responsable de una reducción de 9 puntos porcentuales en la tasa nacional de pobreza. Kubitz y Gehre (2018) también utilizaron datos a nivel municipal de Indonesia para mostrar que la expansión de la palma de aceite llevó al crecimiento económico y aumentó los retornos para la educación, contribuyendo así a cambios en la planeación familiar y a reducir el crecimiento poblacional en el tiempo.

Santika *et al.* (2019a) utilizaron datos a nivel de finca para Kalimantan, Indonesia, señalando que el cultivo de palma de aceite contribuyó a tendencias positivas en el bienestar económico de algunas comunidades, más no en todas. También se encontraron efectos positivos sobre el desarrollo socioeconómico más amplio en otros países. Castiblanco *et al.* (2015) utilizaron datos regionales de Colombia para mostrar que los municipios con cultivos de palma de aceite tienen menores tasas de pobreza y mayores niveles de seguridad alimentaria que municipios similares sin estos cultivos.

Problemas sociales

La mayoría de los estudios económicos con muestras representativas o datos regionales de mayor nivel exponen que, en promedio, la expansión de la palma de aceite ha beneficiado a los hogares y comunidades rurales. Sin embargo, a menudo los beneficios no se distribuyen de manera uniforme. El establecimiento de plantaciones de palma de aceite requiere mucho capital, al que no todos los pequeños productores tienen acceso, por lo tanto, los hogares agrícolas con mejor acceso a capital pueden adoptar la palma de aceite más fácil y rápido, lo que puede contribuir al aumento en la desigualdad (Colchester, 2011; McCarthy, 2010). En algunos casos, los hogares agrícolas pobres sin suficiente acceso a capital vendieron su tierra a otros agricultores (Obidzinski *et al.*, 2012). A nivel comunitario, algunas comunidades también pueden

beneficiarse más que otras debido a diferencias en las condiciones agroecológicas y socioeconómicas (Edwards, 2019a). Con sus datos a nivel de población en Kalimantan, Santika *et al.* (2019a) mostraron que las comunidades que tenían experiencia con sistemas de producción orientados al mercado antes de cultivar palma de aceite se beneficiaron más que las comunidades que anteriormente se basaban principalmente en la agricultura de subsistencia. En poblaciones remotas, los efectos de las plantaciones de palma de aceite sobre el bienestar socioeconómico fueron, incluso, negativos (Santika *et al.*, 2019a).

El contexto institucional también importa para la distribución de beneficios. Particularmente en Indonesia, muchos pequeños productores comenzaron su participación en el sector del aceite de palma mediante contratos de producción con grandes compañías (Baudoin *et al.*, 2017; Morgans *et al.*, 2018; Rist *et al.*, 2010). Aunque estos eran beneficiosos para los agricultores y las comunidades en general (Cahyadi y Waibel, 2016; Gatto *et al.*, 2017), los detalles sobre estos acuerdos contractuales no siempre eran lo suficientemente claros y, en ocasiones, llevaron a descontento y conflicto (Abram *et al.*, 2017; Persch-Orth y Mwangi, 2016; Santika *et al.*, 2019b).

Más allá de las disputas contractuales entre las compañías y los agricultores, en algunos casos los conflictos surgieron debido a la falta de claridad de los derechos de propiedad sobre la tierra. Las comunidades locales suelen reclamar derechos de propiedad sobre tierras boscosas o anteriormente boscosas bajo el derecho consuetudinario, aunque rara vez tienen títulos de propiedad formales (Krishna *et al.*, 2017b). Esto puede llevar a conflictos cuando el Estado otorga concesiones sobre la tierra a compañías de aceite de palma que se superponen a las tierras comunitarias (Fitzpatrick, 1997). En algunos casos, las negociaciones con medidas de indemnización o la participación de las comunidades locales a través de esquemas de subcontratación pueden ayudar a resolver los conflictos, pero esto requiere que ambas partes estén dispuestas a negociar, que no siempre es el caso (Andrianto *et al.*, 2019; Rist *et al.*, 2010). Incluso indemnizando a las comunidades locales, los resultados pueden ser injustos debido a las relaciones de poder desiguales (McCarthy, 2010; McCarthy y Cramb, 2009; Pye, 2019). Gran parte de la bibliografía existente sobre los conflictos entre las

empresas de aceite de palma y las comunidades locales se refiere al Sudeste Asiático, pero también se informó de cuestiones similares relacionadas con los derechos de propiedad de la tierra en varios países de Latinoamérica (Castellanos-Navarrete *et al.*, 2019; Castiblanco *et al.*, 2015; Moser *et al.*, 2014).

Con respecto a los trabajadores de las plantaciones de palma de aceite, en algunas situaciones se identificaron problemas sociales. Li (2018) informó sobre problemas de trabajo infantil en plantaciones de palma de aceite en Kalimantan, Indonesia. Naylor *et al.*, (2019) reportaron el uso de migrantes ilegales y condiciones laborales deficientes en el sector, en Indonesia. También se han reportado condiciones laborales deficientes en Guatemala (Hervas, 2018). Por último, las externalidades ambientales negativas de la producción de la palma de aceite, como el uso excesivo de agroquímicos, también pueden generar ciertos problemas socioeconómicos. Estudios realizados en Indonesia y Uganda encontraron efectos negativos sobre la calidad del agua y la industria pesquera local (Fearnside, 1997; Green Livelihoods Alliance, 2019).

Evidencia de micronivel en Indonesia

Además de la información sobre medioambiente y biodiversidad recolectada en la provincia de Jambi (Sumatra, Indonesia), analizada con mayor detalle en el título "Evidencia de micronivel en Indonesia", desde el 2012 hemos recolectado datos socioeconómicos integrales en la misma región. Nuestros datos socioeconómicos son de un estudio de 100 poblaciones (Gatto *et al.*, 2015), uno de panel de 700 hogares agrícolas seleccionados aleatoriamente (Krishna *et al.*, 2017a; Kubitz *et al.*, 2018a) y uno de panel de 430 hogares no agrícolas, todos seleccionados aleatoriamente (Bou Dib *et al.*, 2018b). Los resultados de estos datos se resumen a continuación.

Adopción de la palma de aceite

Como se mencionó anteriormente, la deforestación en Jambi comenzó mucho antes de que se introdujera la palma de aceite. En la primera mitad del siglo XX, la producción de caucho en extensos sistemas agroforestales fue una actividad económica importante para las comunidades locales. La creciente demanda mundial contribuyó a la producción intensiva de caucho

desde la década de los setenta. La producción de palma de aceite comenzó en la década de los ochenta. Los bosques húmedos bajos y los sistemas agroforestales extensivos desaparecieron en gran medida durante los últimos 30-40 años, haciendo espacio para monocultivos más intensivos de caucho y palma de aceite (Klasen *et al.*, 2016; Krishna *et al.*, 2017a).

La palma de aceite fue introducida en Jambi por primera vez por grandes compañías del sector público. Durante las décadas de los ochenta y los noventa en particular, el gobierno indonesio promovió la inclusión de pequeños productores mediante esquemas de "Fincas Núcleo y Pequeños Productores" (NES, por sus siglas en inglés) (Euler *et al.*, 2016a; Feintrenie *et al.*, 2010). Con estos esquemas, los pequeños productores recibieron asistencia técnica y financiera para iniciar el cultivo de palma de aceite bajo un contrato con la compañía. Los esquemas NES fueron particularmente relevantes para el programa de transmigración del gobierno durante las décadas de los ochenta y noventa, en los cuales, familias de las áreas densamente pobladas de Java fueron reubicadas voluntariamente en Sumatra y otras islas menores, donde recibieron tierras, crédito y asistencia técnica para la producción agrícola (Fearnside, 1997). Desde mediados de los noventa, compañías de palma de aceite implementaron esquemas de contratación de pequeños productores similares, los cuales también involucraron a las comunidades autóctonas, pero con mucho menos apoyo gubernamental que los esquemas NES iniciales (Gatto *et al.*, 2017; McCarthy y Cramb, 2009).

La adopción de la palma de aceite por pequeños productores a finales de la década de los ochenta y comienzos de la de los noventa comenzó mediante esquemas de contratación, pero desde mediados de esa década, los pequeños productores también adoptaron la palma de aceite de manera independiente, es decir, sin contratos con compañías (Figura 4a). La mayoría de estos contratos tenían una duración de entre 15 y 20 años, de manera que la porción de agricultores con contratos comenzó a bajar después de 2005. Aunque la adopción de la palma de aceite continúa aumentando, más del 95 % de los pequeños productores que la han adoptado ahora cultivan palma de aceite de forma independiente. Recientemente, también se establecieron algunas plantas de beneficio de aceite de palma a mediana escala. En general,

se estima que los pequeños productores administran cerca del 40 % de las tierras de palma de aceite en Jambi, con una continua tendencia al alza (Euler *et al.*, 2016a; Feintrenie *et al.*, 2017a).

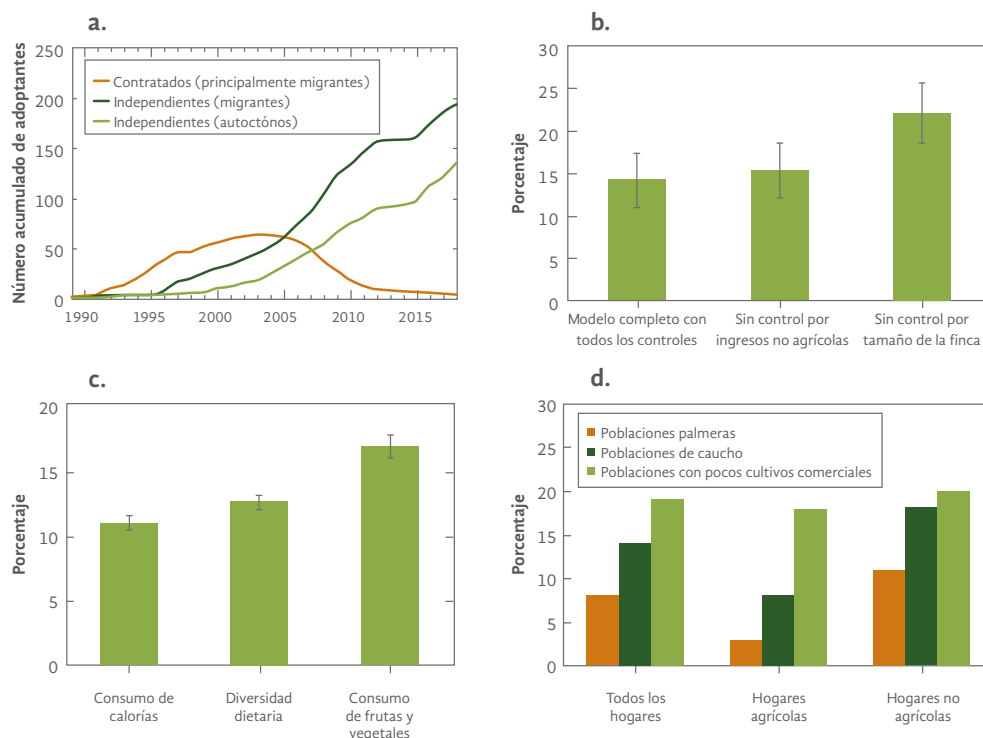
Efectos socioeconómicos de la adopción de la palma de aceite

Nuestros datos muestran que los pequeños productores de Jambi se benefician significativamente de la adopción de la palma de aceite. Esta genera mayores ingresos que el cultivo comercial competidor más relevante en el contexto local. Aunque la palma de aceite genera más capital que el caucho, es menos intensiva en mano de obra, de manera que una cantidad determinada de mano de obra puede cultivar un área mayor (Euler *et al.*, 2017). Alternativamente, la mano de obra ahorrada, al cambiar de caucho a palma de aceite, puede utilizarse para actividades

económicas no agrícolas. Los modelos de regresión de panel muestran que el efecto socioeconómico neto del tratamiento de la adopción de palma de aceite sobre el gasto de consumo de los hogares, un indicador común de los medios de vida, es de cerca del 14 % al aplicar controles para el tamaño de la finca, ingresos no agrícolas y otros posibles factores de confusión (Figura 4b). Los efectos aumentan ligeramente cuando no se aplican controles para ingresos no agrícolas, lo que sugiere que, de hecho, una parte de la mano de obra ahorrada se utiliza para actividades económicas no agrícolas. El efecto del tratamiento aumenta aún más, hasta el 22 %, cuando no se aplican controles para el tamaño de la finca (Figura 4b), dado que muchos agricultores aumentaron el área de sus tierras después de adoptar la palma de aceite. Este aumento ocurre mediante transacciones en el mercado de tierras, así como la invasión directa de los bosques (Krishna *et al.*, 2017b).

Figura 4. Adopción e impacto socioeconómico de la palma de aceite en la provincia de Jambi, Indonesia.

a. Adopción de la palma de aceite en una muestra aleatoria de 700 hogares agrícolas. Basado en datos de Euler *et al.* (2016a) y datos propios no publicados de los autores. b. Efectos del tratamiento del cultivo de la palma de aceite sobre el gasto en consumo de los hogares (con barras de error estándar). Basado en datos de Euler *et al.* (2018a). c. Efectos del tratamiento del cultivo de palma de aceite en las dietas y nutrición de los hogares (con barras de error estándar). Basado en datos de Sibhatu (2019). d. Tasas de pobreza en varios tipos de poblaciones. Basado en datos de Bou Dib *et al.* (2018a).



También analizamos los efectos sobre otras dimensiones del bienestar de los hogares agrícolas, tales como seguridad alimentaria y nutrición. La adopción de la palma de aceite aumentó el consumo de calorías y la calidad de la dieta (Figura 4c), principalmente mediante el efecto positivo sobre los ingresos. Los hogares rurales en Jambi obtienen casi todo su alimento en el mercado; la producción de alimentos de subsistencia ya no juega un papel importante en el contexto local (Sibhatu y Qaim, 2018).

Pero no todos los hogares agrícolas se beneficiaron en la misma medida. Los agricultores transmigrantes recibieron créditos subsidiados y asistencia técnica, a través de los esquemas NES (Gatto *et al.*, 2015). Adicionalmente, los transmigrantes recibieron títulos formales para la tierra que les fue asignada, mientras que la mayoría de los hogares autóctonos en Jambi no obtuvieron títulos formales (Krishna *et al.*, 2017b). Dado que los títulos de tierra pueden utilizarse como garantía, los transmigrantes también tuvieron un acceso más fácil a crédito cuando quisieron expandir sus áreas de palma de aceite sin contratos en los siguientes años. En este contexto, los transmigrantes adoptaron la palma de aceite antes y más ampliamente que los agricultores autóctonos (Figura 4a). Hoy en día, muchos de estos últimos también cultivan palma de aceite, pero las ganancias tempranas de los transmigrantes llevaron a una acumulación del capital y a diferencias en la riqueza. Es así como las comunidades de transmigrantes están en mejor situación que las autóctonas, a pesar de que los primeros eran más pobres cuando comenzaron sus actividades agrícolas en Jambi hace unos 25-30 años (Gatto *et al.*, 2017). En otras palabras, históricamente la palma de aceite ha ayudado a reducir la desigualdad de ingresos, pero ahora, una mayor expansión del cultivo ha contribuido, más bien, a aumentar la desigualdad entre los agricultores de Jambi (Euler *et al.*, 2017).

Los hogares no agrícolas rurales también se ven afectados por el cambio masivo en el uso del suelo, pues muchos de ellos trabajan en el caucho y la palma de aceite (Bou Dib *et al.*, 2018b). En promedio, los hogares no agrícolas en Jambi son 30 % más pobres que los hogares agrícolas (Bou Dib *et al.*, 2018a). Aunque el caucho requiere más mano de obra que la palma de aceite por unidad de tierra, el auge de esta última ha generado más empleo debido a la expansión del

área total cultivada. Y los sueldos de los trabajadores de la palma de aceite tienden a ser mayores que el de los que laboran en caucho. Bou Dib *et al.* (2018b) mostraron que la expansión de la palma de aceite ha beneficiado a los hogares no agrícolas con nuevas oportunidades de ingresos. Más allá de los empleos adicionales en las fincas, plantaciones y plantas de beneficio, el auge de la palma de aceite ha contribuido a un crecimiento económico más amplio, incluso en sectores locales no agrícolas (Gatto *et al.*, 2017).

El ingreso adicional por concepto de empleo gracias a la palma de aceite ha reducido la desigualdad de ingresos entre los hogares no agrícolas (Bou Dib *et al.*, 2018a). Al considerar los hogares agrícolas y no agrícolas conjuntamente, el auge de la palma de aceite no tuvo un efecto significativo en la desigualdad de ingresos en la zona rural de Jambi (Bou Dib *et al.*, 2018b; Kubitz *et al.*, 2019), pero ayudó a reducir la pobreza rural: en las poblaciones con mucha palma de aceite, la tasa media de pobreza es ahora de alrededor del 8 %, mientras que es del 14 % en las poblaciones donde el caucho es el cultivo dominante (Figura 4d). En las poblaciones con poca producción de cultivos comerciales, los índices de pobreza son aún más altos, alrededor del 20 %.

Más allá de la pobreza y la desigualdad de ingresos, una cuestión importante que merece ser investigada más a fondo es la dimensión de género en el cambio de uso de la tierra. Mientras que muchas mujeres trabajan en el caucho, rara vez son contratadas en la palma de aceite debido a la mayor fuerza física requerida. Dependiendo de las alternativas económicas y las posibles limitaciones culturales, la liberación de la mano de obra femenina de la agricultura puede tener efectos positivos o negativos en el empoderamiento de la mujer (Chrisendo *et al.*, 2019).

Validez externa

Aunque los datos socioeconómicos recolectados en Jambi son representativos de la provincia, no es posible extrapolar la evidencia de Jambi directamente a otras regiones y países. Los efectos de la distribución de ingresos de la palma de aceite pueden variar específicamente dependiendo del contexto local. En Jambi, una gran parte de la selva tropical había sido talada y los agricultores locales estaban acostumbrados

a la producción de cultivos comerciales, antes de la introducción de la palma de aceite en la década de los ochenta. En otras regiones, donde las comunidades locales dependen de los bosques y la agricultura de subsistencia en mayor medida, es probable que la distribución de los beneficios sea diferente (Santika *et al.*, 2019a). No obstante, los hallazgos más generales de Jambi, principalmente el que afirma que la expansión de la palma de aceite contribuyó a reducir la pobreza y a aumentar el bienestar económico entre los hogares agrícolas y no agrícolas, son consistentes con estudios recientes que utilizaron datos representativos a nivel nacional de Indonesia (Edwards, 2019a; Kubitz *et al.*, 2019; Kubitz y Gehrke, 2018).

Hacia sistemas más sostenibles

Las secciones anteriores mostraron que el auge de la palma de aceite creó problemas ambientales, ganancias económicas y sociales para muchos, pero no para todos, y conflictos ocasionales sobre la tierra. Pero la demanda mundial de aceite vegetal seguirá creciendo, y en este contexto, prohibir o frenar el cultivo de la palma de aceite no es una opción realista. Dada la alta productividad de la tierra de la palma de aceite, satisfacer la creciente demanda solo a través de otros cultivos oleaginosos implicaría aún más cambios en el uso de la tierra y la pérdida de hábitats naturales. No obstante, es necesario gestionar y reducir la disyuntiva entre las ganancias económicas privadas y la pérdida de bienes ambientales mundiales en la medida de lo posible (Azhar *et al.*, 2017; Bennett *et al.*, 2019; Byerlee *et al.*, 2017). En esta sección discutimos las posibles políticas que podrían ayudar a establecer un sector de la palma de aceite más sostenible. Esto es relevante para el Sudeste Asiático, pero también para África y Latinoamérica, donde se espera que ocurra una gran parte de la expansión de la palma de aceite en el futuro (Laurance *et al.*, 2014; Ordway *et al.*, 2019; Rhebergen *et al.*, 2016).

Aumentar la productividad de la palma de aceite

El aumento de la demanda mundial puede satisfacerse mediante una mayor expansión de la superficie de palma de aceite y/o el aumento de los rendimientos

de la misma. Dado que la expansión de área suele significar la pérdida de selva húmeda tropical, aumentar los rendimientos de la palma de aceite debe ser una prioridad. Se observan importantes brechas entre los rendimientos reales y los potenciales: aunque los rendimientos del aceite realmente producido rara vez superan las tres toneladas por hectárea por año, se podrían producir hasta ocho toneladas de aceite con mejores prácticas de cultivo e insumos de calidad, incluyendo la prevención del uso de plántulas no certificadas (Corley y Tinker 2016; Woittiez *et al.*, 2017). Los mayores rendimientos no están necesariamente asociados a cantidades proporcionalmente mayores de productos agroquímicos; los fertilizantes orgánicos y una mejor gestión también pueden desempeñar un papel importante en la reducción de las brechas de rendimiento (Darras *et al.*, 2019). Desarrollar e implementar mejores prácticas a gran escala requerirá más investigación agronómica y mejores sistemas de extensión.

Investigaciones sobre el mejoramiento también podrían contribuir a aumentar la productividad de la palma de aceite (Zulkifli *et al.*, 2018). Esta crece particularmente bien en las regiones de tierras bajas con altas temperaturas y patrones de precipitación bien distribuidos. Sin embargo, debido a la escasez de tierras y a los objetivos de conservación de la selva tropical, la palma de aceite se está expandiendo gradualmente también a regiones con condiciones climáticas subóptimas, lo que puede reducir la productividad considerablemente. Las tecnologías modernas de mejoramiento podrían ayudar a desarrollar variedades de palma de aceite que sean altamente productivas y más tolerantes a las condiciones de la altitud y el clima (Corley *et al.*, 2018; Zulkifli *et al.*, 2018).

Protección de bosques y derechos de propiedad sobre la tierra

El aumento de la productividad agrícola mediante tecnologías mejoradas puede reducir la expansión de las zonas de cultivo y la deforestación en todo el mundo, pero a nivel local también puede servir de incentivo para nuevas invasiones forestales, especialmente cuando no existen políticas de protección (Villoria, 2019). Por consiguiente, se necesitan marcos jurídicos e institucionales eficientes en los países productores de palma de aceite (Ordway *et al.*, 2017;

Taheripour *et al.*, 2019). Una importante área de política pública es la clara delimitación de las tierras forestales protegidas, combinada con normas estrictas sobre derechos de uso, prohibiciones y mecanismos de sanción eficaces. Es necesario reconocer los derechos consuetudinarios de las comunidades locales sobre la tierra (Dauvergne, 2018). En los casos en que los derechos consuetudinarios deban ser restringidos para alcanzar otros objetivos de sostenibilidad, deberán desarrollarse mecanismos de compensación justa, como los pagos por servicios ambientales. Esto no significa que la expansión cero del área de la palma de aceite sea la estrategia más sostenible. Pero los hábitats naturales que son particularmente sensibles al medio ambiente, como los bosques de turberas, ciertamente merecen una protección especial. Con combinaciones apropiadas de reglas, mecanismos de sanción, tecnologías e incentivos económicos, Brasil logró reducir la deforestación del Amazonas significativamente entre 2005 y 2015, a la vez que aumentó la producción de aceite de palma y de soya considerablemente (Benami *et al.*, 2018; Byerlee *et al.*, 2017).

Además de los derechos de propiedad definidos inequívocamente para las tierras forestales, también es importante contar con derechos claros sobre las tierras agrícolas para reducir la deforestación. Kubitza *et al.* (2018) mostraron, con datos de Indonesia, que los títulos formales sobre la tierra ayudan a aumentar la productividad de los cultivos, reduciendo así la tendencia de los agricultores a convertir áreas boscosas adicionales. Sin embargo, debido a restricciones de las políticas, los agricultores que viven cerca de las fronteras forestales rara vez tienen acceso a títulos sobre la tierra, de manera que están más dispuestos a invadir el bosque para aumentar la producción de sus cultivos (Kubitza *et al.*, 2018b). Tal vez sea necesario reconsiderar las políticas de tierras existentes para permitir un desarrollo más sostenible.

Mosaico del paisaje

Si bien las estrategias de conservación de la tierra con una agricultura intensiva y un bosque prístino claramente separados tienen un importante papel que desempeñar para preservar la biodiversidad y otros servicios del ecosistema, las estrategias de uso compartido de la tierra a menudo pueden ser instrumen-

tos complementarios eficaces (Mertz y Mertens, 2017). La combinación de estrategias de conservación y distribución de la tierra implica el desarrollo de mosaicos del paisaje conformados por una mezcla de lotes agrícolas y agroforestales, parches de bosque y otros elementos naturales del paisaje (Grass *et al.*, 2019; Koh *et al.*, 2009). Estudios recientes sugieren que enriquecer las plantaciones de palma de aceite con árboles y elementos naturales del paisaje lleva a ganancias sustanciales de biodiversidad con una reducción apenas modesta en la producción de aceite por unidad de tierra (Gerard *et al.*, 2017). Se requiere mayor investigación para diseñar mosaicos del paisaje que puedan reconciliar los objetivos económicos, sociales y ambientales y desarrollar políticas para implementarlos a una escala mayor (Dislich *et al.*, 2018; Grass *et al.*, 2019; Mertz y Mertens, 2017).

Certificación de sostenibilidad

La certificación de sostenibilidad es un mecanismo basado en el mercado, en el que los consumidores pagan más para promover ciertos estándares ambientales y sociales en la producción y a lo largo de la cadena de valor. La certificación internacional más conocida para el aceite de palma es la RSPO, pero varios países cuentan con esquemas nacionales (Morgans *et al.*, 2018; Moser *et al.*, 2014). Investigaciones recientes con datos de Indonesia muestran que la certificación de la palma de aceite puede ayudar a reducir la deforestación y los conflictos sociales en algunos casos (Carlson *et al.*, 2018; Persch-Orth y Mwangi, 2016), mientras que otros estudios no encontraron ningún efecto sobre los indicadores clave de sostenibilidad (Morgans *et al.*, 2018).

Una crítica a los esquemas actuales de certificación es que los estándares son demasiado débiles y en ocasiones difíciles de monitorear, y no siempre se cumplen estrictamente (Morgans *et al.*, 2018; Pye, 2019). Otro problema es que aún los esquemas no son lo suficientemente incluyentes con los pequeños productores (Garret *et al.*, 2016). Los que tienen un contrato con grandes compañías de aceite de palma pueden certificarse con mayor facilidad, pero los pequeños productores independientes no suelen contar con títulos sobre la tierra, información y capacitación en prácticas de manejo específicas, que son condiciones previas

importantes para la certificación (Brandi *et al.*, 2015; Kunz *et al.*, 2019). Estos problemas pueden abordarse con mejoras en el diseño y la implementación. Una posibilidad es considerar el paisaje y no la finca, como la unidad certificada (Tschardt *et al.*, 2015). En cualquier caso, la certificación es un complemento no un sustituto para otras políticas que promueven sistemas palmeros más sostenibles.

Apoyar a los pequeños productores

Los resultados anteriores muestran que la producción de palma de aceite por los pequeños productores puede contribuir a la reducción de la pobreza y a un desarrollo rural más amplio. Por lo tanto, debería tener mayor prioridad en las políticas de los países con industrias de aceite de palma en crecimiento, un mecanismo apropiado para incluir a los pequeños productores. Especialmente en África, donde la pobreza en el sector de pequeños agricultores es muy extendida, los países pueden aprender de las experiencias del Sudeste Asiático para la inclusión de los pequeños productores. Además de los beneficios socioeconómicos, la producción de palma de aceite de los pequeños productores en paisajes diversificados puede ser más amigable con el medio ambiente que las plantaciones a gran escala (Feintrenie *et al.*, 2010; McCarthy, 2010; Potter, 2018; Rist *et al.*, 2010). Sin embargo, sin políticas apropiadas, la producción de los pequeños productores no es necesariamente la que más conserve los bosques tropicales, ya que también participan significativamente en la deforestación (Krishna *et al.*, 2017b; Kubitz *et al.*, 2018b; Ordway *et al.*, 2017).

La inclusión sostenible de los pequeños productores palma de aceite requiere asegurar los títulos sobre la tierra, acceso a crédito y apoyo técnico, mientras que se tiene en cuenta la heterogeneidad existente (Bennett *et al.*, 2019; Euler *et al.*, 2016a; Jelsma *et al.*, 2017; Schoneveld *et al.*, 2019). En Indonesia se brindó apoyo considerable a los transmigrantes que comenzaron a cultivar palma de aceite bajo los esquemas de contratación NES, pero este apoyo terminó posteriormente y no fue ofrecido a agricultores autóctonos (Gatto *et al.*, 2017; Krishna *et al.*, 2017a). Un estudio reciente en Ghana también mostró que los pequeños productores de palma de aceite que tienen contratos que les brindan recursos están en una situación mucho mejor que

los agricultores que no cuentan con tal apoyo (Rumi y Qaim, 2019). El acceso a crédito y la asistencia técnica no solo facilita que los agricultores adopten la palma de aceite, sino que también ayuda a aumentar la productividad. Actualmente, los rendimientos promedios obtenidos en las fincas de los pequeños productores son mucho menores que los obtenidos en las grandes plantaciones (Euler *et al.*, 2016b; Lee *et al.*, 2014; Soliman *et al.*, 2016). Reducir estas brechas de rendimiento de los pequeños productores mediante políticas de apoyo apropiadas podría salvar las selvas tropicales y, por lo tanto, contribuir a la sostenibilidad económica, social y ambiental.

Conclusión

En las discusiones públicas se suele criticar el creciente uso del aceite de palma debido a los efectos ambientales negativos relacionados con el cultivo de la palma de aceite, especialmente la deforestación de la selva tropical y los problemas resultantes para la biodiversidad, el funcionamiento del ecosistema y la estabilidad climática. Las narrativas de los efectos sociales sobre las comunidades locales también se han difundido ampliamente. Lo que el público en general desconoce es que las comunidades locales en los países productores también se han beneficiado significativamente del auge de la palma de aceite. Los pequeños productores administran una gran parte de la tierra sembrada con palma de aceite. Especialmente en el Sudeste Asiático, esta ha contribuido considerablemente a aumentar los ingresos rurales y a reducir la pobreza entre los agricultores y trabajadores. En este artículo revisamos la bibliografía sobre las consecuencias ambientales, económicas y sociales del cultivo de la palma de aceite, documentando las disyuntivas existentes entre los bienes ambientales públicos mundiales y los beneficios socioeconómicos privados. Estas disyuntivas deben eliminarse mediante políticas apropiadas.

Las plantaciones de palma de aceite alojan mucha menos biodiversidad y tienen reservas de carbón mucho menores que las selvas tropicales, de manera que se ha sugerido la prohibición del aceite de palma como una posible medida para mejorar la sostenibilidad. Sin embargo, su prohibición total no solo tendría como resultado grandes pérdidas económicas, sino que también llevaría a problemas ambientales incluso mayores

porque, entonces, la palma de aceite se reemplazaría con otros aceites vegetales que requerirían más tierras por unidad de producción. Por lo tanto, se necesitan otros tipos de políticas. Hemos discutido varias políticas para promover el crecimiento de la productividad en la palma de aceite y proteger las selvas tropicales mediante derechos claros de propiedad sobre la tierra y mecanismos de incentivos y sanciones económicas. La certificación en sostenibilidad y el diseño de mosaicos del paisaje con una mezcla de lotes agrícolas y agroforestales, parches de bosques y otros elementos naturales del paisaje también pueden ayudar a reconciliar los objetivos económicos, sociales y ambientales en varias situaciones. La inclusión exitosa de los pequeños productores es importante desde una perspectiva social y requiere de apoyo específico para superar las limitaciones de capital, conocimiento, tecnología y acceso al mercado. Es necesario ajustar la combinación de políticas apropiada al contexto local.

También existen lagunas de conocimiento que deben abordarse en investigaciones futuras. En primer lugar, si bien gran parte de las investigaciones actuales sobre la sostenibilidad de la palma de aceite se centran en Indonesia y Malasia, los estudios para África y Latinoamérica son mucho menores, aunque estas son las regiones en las que se espera gran parte del futuro crecimiento de la producción de palma de aceite. En segundo lugar, los efectos concretos de la palma de aceite sobre los ecosistemas y el bienestar humano fueron analizados principalmente a un nivel micro, con lotes y hogares individuales como la unidad de análisis, incluso en el Sudeste Asiático. El uso sostenible de la tierra también requiere de una perspectiva a nivel de paisaje, que no es solo la suma de las partes individuales. Entender que la función de la composición y configuración del paisaje y cómo se puede incentivar el

surgimiento de ciertos mosaicos del paisaje deseados es importante para crear políticas, y puede ser un reto en entornos de pequeños productores. En tercer lugar, la mayoría de los estudios económicos existentes analizan los efectos de la producción de palma de aceite, con mucha menos investigación disponible sobre los efectos secundarios del comercio, procesamiento y consumo. Los fuertes aumentos en el suministro deben llevar a reducciones significativas en los precios en el mercado del aceite vegetal y mayores ganancias para los grandes consumidores, incluso en los países importadores. Estos efectos de bienestar más amplios apenas han sido evaluados, pero no deben ser ignorados al diseñar las políticas de sostenibilidad para el sector del aceite de palma.

El material complementario incluye las tablas suplementarias 1-3 y la figura complementaria 1, en: https://www.annualreviews.org/doi/suppl/10.1146/annurev-resource-110119-024922/suppl_file/RE12_Qaim_SupMat.pdf

Declaración de divulgación

Los autores no tienen conocimiento de ninguna filiación, membresía, financiación o participación financiera que pueda percibirse que afecte la objetividad de este estudio.

Agradecimientos

La elaboración de este estudio fue financiada por *Deutsche Forschungsgemeinschaft* (DFG; Fundación de investigación de Alemania), subvención 192626868, en el marco del proyecto de investigación germano-indonesio CRC 990.

Bibliografía

- Abram NK., Meijaard E., Wilson KA., Davis JT., Wells JA., *et al.* 2017. Oil palm–community conflict mapping in Indonesia: a case for better community liaison in planning for development initiatives. *Appl. Geogr.* 78:33-44.

- Abrams J., Pischke EC., Mesa-Jurado MA., Eastmond A., Silva CA., Moseley C. 2019. Between environmental change and neoliberalism: the effects of oil palm production on livelihood resilience. *Soc. Nat. Resour.* 32:548-65.
- Ahmed A., Dompreeh E., Gasparatos A. 2019. Human wellbeing outcomes of involvement in industrial crop production: evidence from sugarcane, oil palm and jatropha sites in Ghana. *PLOS ONE* 14:e0215433 .
- Alwarrizti W., Nanseki T., Chomei Y. 2016. Impact of oil palm expansion on farmers' crop income and poverty reduction in Indonesia: an application of propensity score matching. *J. Agric. Sci.* 8:119-31.
- Andrianto A., Komarudin H., Pacheco P. 2019. Expansion of oil palm plantations in Indonesia's frontier: problems of externalities and the future of local and indigenous communities. *Land* 8:56.
- Aratrakorn S., Thunhikorn S., Donald PF. 2006. Changes in bird communities following conversion of lowland forest to oil palm and rubber plantations in southern Thailand. *Bird Conserv. Int.* 16:71-82.
- Awusabo-Asare K., Tanle A. 2008. Eking a living: women entrepreneurship and poverty reduction strategies: the case of palm kernel oil processing in the Central Region of Ghana. *Nor. J. Geogr.* 62(3):149-60.
- Azhar B., Saadun N., Prideaux M., Lindenmayer DB. 2017. The global palm oil sector must change to save biodiversity and improve food security in the tropics. *J. Environ. Manag.* 203:457-66.
- Balde B., Diawara M., Rossignoli C., Gasparatos A. 2019. Smallholder-based oil palm and rubber production in the forest region of Guinea: an exploratory analysis of household food security outcomes. *Agriculture* 9(2):41.
- Barnes AD., Jochum M., Mumme S., Haneda NF., Farajallah A., et al. 2014. Consequences of tropical land use for multitrophic biodiversity and ecosystem functioning. *Nat. Commun.* 5:5351.
- Baudoin A., Bosc P-M., Bessou C., Levang P. 2017. *Review of the Diversity of Palm Oil Production Systems in Indonesia: Case Study of Two Provinces, Riau and Jambi*. Bogor, Indones.: CIFOR.
- Benami E., Curran LM., Cochrane M., Venturieri A., Franco R., et al. 2018. Oil palm land conversion in Pará, Brazil, from 2006-2014: evaluating the 2010 Brazilian sustainable palm oil production program. *Environ. Res. Lett.* 13:34037.
- 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. Un. Glob. Change* 2:14.
- Bou Dib J., Alamsyah Z., Qaim M. 2018a. Land-use change and income inequality in rural Indonesia. *Un. Policy Econ.* 94:55-66.

- Bou Dib J., Krishna VV., Alamsyah Z., Qaim M. 2018b. Land-use change and livelihoods of non-farm households: the role of income from employment in oil palm and rubber in rural Indonesia. *Land Use Policy* 76:828-38.
- Brandi C., Cabani T., Hosang C., Schirmbeck S., Westermann L., Wiese H. 2015. Sustainability standards for palm oil. *J. Environ. Dev.* 24:292-314.
- Brinkmann N., Schneider D., Sahner J., Ballauff J., Edy N., *et al.* 2019. Intensive tropical land use massively shifts soil fungal communities. *Sci. Rep.* 9:3403.
- Byerlee D., Falcon WP., Naylor R. 2017. *The Tropical Oil Crop Revolution: Food, Feed, Fuel, and Forests*. New York: Oxford Univ. Press.
- Cahyadi ER., Waibel H. 2016. Contract farming and vulnerability to poverty among oil palm smallholders in Indonesia. *J. Dev. Stud.* 52:681-95.
- Canfield LM., Kaminsky RG., Taren DL., Shaw E., Sander JK. 2001. Red palm oil in the maternal diet increases provitamin A carotenoid in breastmilk and serum of the mother-infant dyad. *Eur. J. Nutr.* 40:30-38.
- Carlson KM., Curran LM., Ratnasari D., Pittman AM., Soares-Filho BS., *et al.* 2012. Committed carbon emissions, deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. *PNAS* 109(19):7559-64.
- Carlson KM., Garrett RD. 2018. Environmental impacts of tropical soybean and palm oil crops. In *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.234>
- Carlson KM., Heilmayr R., Gibbs HK., Noojipady P., Burns DN., *et al.* 2018. Effect of oil palm sustainability certification on deforestation and fire in Indonesia. *PNAS* 115:121-26.
- Carrere R. 2013. *Oil palm in Africa: past, present and future scenarios*. Rep., WRM Ser. Tree Plant. 15, Montevideo, Urug.
- Castellanos-Navarrete A., Tobar-Tomás WV., López-Monzón CE. 2019. Development without change: oil palm labour regimes, development narratives, and disputed moral economies in Mesoamerica. *J. Rural Stud.* 71:169-80.
- Castiblanco C., Etter A. Ramírez A. 2015. Impacts of oil palm expansion in Colombia: What do socioeconomic indicators show? *Land Use Policy* 44:31-43.
- Chrisendo D., Krishna VV., Siregar H., Qaim M. 2019. *Land-use change, nutrition, and gender roles in Indonesian farm households*. EFForTS Discuss. Pap. 24, Univ. Goettingen.
- Clough Y., Krishna VV., Corre MD., Darras K., Denmead LH., *et al.* 2016. Land-use choices follow profitability at the expense of ecological functions in Indonesian smallholder landscapes. *Nat. Commun.* 7:13137.
- Cohn AS., Newton P., Gil JDB., Kuhl L., Samberg L., *et al.* 2017. Smallholder agriculture and climate change. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 42:347-75.

- Colchester M. 2011. *Palm Oil and Indigenous Peoples of South East Asia: Land Acquisition, Human Rights Violations and Indigenous Peoples on the Palm Oil Frontier*. Moreton-in-Marsh, UK/Rome: Un. Peoples Prog./Int. Land Coalit.
- Comte I., Colin F., Whalen JK., Grünberger O., Caliman JP. 2012. Agricultural practices in oil palm plantations and their impact on hydrological changes, nutrient fluxes and water quality in Indonesia: a review. *Adv. Agron.* 116:71-124.
- Corley RHV., Rao V., Palat T., Praiwan T. 2018. Breeding for drought tolerance oil palm. *J. Oil Palm Res.* 30:26-35.
- Corley RHV., Tinker PB. 2016. *The Oil Palm*. Chichester, UK: Wiley Blackwell. 5th ed.
- Cramb R., Curry GN. 2012. Oil palm and rural livelihoods in the Asia-Pacific region: an overview. *Asia Pac. Viewp.* 53:223-39.
- Darras K., Corre MD., Formaglio G., Aiyen T., Potapov A., *et al.* 2019. Reducing fertilizer and avoiding herbicides in oil palm plantations—ecological and economic valuations. *Front. For. Glob. Change.* <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00065>
- Dauvergne P. 2018. The global politics of the business of “sustainable” palm oil. *Glob. Environ. Politics* 18:34-52.
- Dislich C., Hettig E., Salecker J., Heinonen J., Lay J., *et al.* 2018. Land-use change in oil palm dominated tropical landscapes—an agent-based model to explore ecological and socio-economic trade-offs. *PLOS ONE* 13:e0190506.
- Dislich C., Keyel AC., Salecker J., Kisel Y., Meyer KM., *et al.* 2017. A review of the ecosystem functions in oil palm plantations, using forests as a reference system. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 92(3):1539-69.
- Drescher J., Rembold K., Allen K., Beckschäfer P., Buchori D., *et al.* 2016. Ecological and socioeconomic functions across tropical land-use systems after rainforest conversion. *Philos. Trans. R. Soc. B* 371:20150275.
- Edwards FA., Edwards DP., Hamer KC., Davies RG. 2013. Impacts of logging and conversion of rainforest to oil palm on the functional diversity of birds in Sundaland. *Ibis* 155:313-26.
- Edwards RB. 2019a. *Export Agriculture and Rural Poverty: Evidence from Indonesian Palm Oil*. Work. Pap., Dartmouth Coll., Hanover, NH.
- Edwards RB. 2019b. *Spillovers from Agricultural Processing*. Work. Pap., Dartmouth Coll., Hanover, NH.
- Euler M., Hoffmann M., Fathoni Z., Schwarze S. 2016b. Exploring yield gaps in smallholder oil palm production systems in eastern Sumatra, *Indonesia*. *Agric. Syst.* 146:111-19.
- Euler M., Krishna VV., Schwarze S., Siregar H., Qaim M. 2017. Oil palm adoption, household welfare, and nutrition among smallholder farmers in Indonesia. *World Dev.* 93:219-35.

- Euler M., Schwarze S., Siregar H., Qaim M. 2016a. Oil palm expansion among smallholder farmers in Sumatra, Indonesia. *J. Agric. Econ.* 67:658-76.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2019. Crops. FAOSTAT statistical database, Rome, updated March 4, 2020. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Fargione J., Hill J., Tilman D., Polasky S., Hawthorne P. 2008. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science* 319:1235-38.
- Fattore E., Bosetti C., Brighenti F., Agostoni C., Fattore G. 2014. Palm oil and blood lipid-related markers of cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis of dietary intervention trials. *Am. J. Clin. Nutr.* 99:1331-50.
- Fearnside PM. 1997. Transmigration in Indonesia: lessons from its environmental and social impacts. *Environ. Manag.* 21:553-70.
- Feintrenie L., Chong WK., Levang P. 2010. Why do farmers prefer oil palm? Lessons learnt from Bungo District, Indonesia. *Small-Scale For.* 9:379-96.
- Fitzherbert EB., Struebig MJ., Morel A., Danielsen F., Brühl CA., *et al.* 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends Ecol. Evol.* 23:538-45.
- Fitzpatrick D. 1997. Disputes and pluralism in modern Indonesian land law. *Yale J. Int. Law* 22:170-212.
- Foster WA., Snaddon JL., Turner EC., Fayle TM., Cockerill TD., *et al.* 2011. Establishing the evidence base for maintaining biodiversity and ecosystem function in the oil palm landscapes of South East Asia. *Philos. Trans. R. Soc. B* 366:3277-91.
- Furumo PR., Aide TM. 2017. Characterizing commercial oil palm expansion in Latin America: land use change and trade. *Environ. Res. Lett.* 12:024008.
- Garrett RD., Carslon KM., Rueda X., Noojipady P. 2016. Assessing the potential additionality of certification by the Round Table on Responsible Soybeans and the Roundtable on Sustainable Palm Oil. *Environ. Res. Lett.* 22:045003.
- Gatto M., Wollni M., Asnawi R., Qaim M. 2017. Oil palm boom, contract farming, and rural economic development: village-level evidence from Indonesia. *World Dev.* 95:127-40.
- Gatto M., Wollni M., Qaim M. 2015. Oil palm boom and land-use dynamics in Indonesia: the role of policies and socioeconomic factors. *Land Use Policy* 46:292-303.
- Gaveau DLA., Sheil D., Husnayaen Salim MA., Arjasakusuma S., *et al.* 2016. Rapid conversions and avoided deforestation: examining four decades of industrial plantation expansion in Borneo. *Sci. Rep.* 6:32017.
- Gerard A., Wollni M., Hölscher D., Irawan B., Sundawati L., *et al.* 2017. Oil yields in diversified plantations: initial results from a biodiversity enrichment experiment in Sumatra, Indonesia. *Agric. Ecosyst. Environ.* 240:253-60.

- Giam X., Hadiaty RK., Tan HH., Parenti LR., Wowor D., *et al.* 2015. Mitigating the impact of oil-palm monoculture on freshwater fishes in Southeast Asia. *Conserv. Biol.* 29:1357-67.
- Gibbs HK., Rausch L., Munger J., Schelly I., Morton DC., *et al.* 2015. Brazil's soy moratorium. *Science* 347:377-78.
- Gibbs HK., Ruesch AS., Achar M., Claytong K., Holmgren P., *et al.* 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *PNAS* 107:16732-37.
- Grass I., Kubitzka C., Krishna VV., Corre MD., Mußhoff O., *et al.* 2020. Trade-offs between multifunctionality and profit in tropical smallholder landscapes. *Nat. Commun.* 11:1186.
- Grass I., Loos J., Baensch S., Batáry P., Librán-Embíd F., *et al.* 2019. Land-sharing/-sparing connectivity landscapes for ecosystem services and biodiversity conservation. *People Nat.* 1:262-72.
- Green Livelihoods Alliance. 2019. *Impacts and Implications of Oil Palm on Landscapes and Livelihoods in Uganda's Lake Victoria Islands—an Overview of Recent Research. Policy Brief*, July. Green Livelihoods Alliance, Wageningen, Neth.
- Guillaume T., Kotowska MM., Hertel D., Knohl A., Krashevska V., *et al.* 2018. Carbon costs and benefits of Indonesian rainforest conversion to plantations. *Nat. Commun.* 9:2388.
- Hamann S. 2018. Agro-industrialisation and food security: dietary diversity and food access of workers in Cameroon's palm oil sector. *Can. J. Dev. Stud.* 39:72-88.
- Hartley CWS. 1988. *The Oil Palm (Elaeis guineensis Jacq.)*. Harlow, UK: Longman Sci. Tech. 3rd ed.
- Hervas A. 2018. Land, development and contract farming on the Guatemalan oil palm frontier. *J. Peasant Stud.* 46:115-41.
- Hidayat NK., Offermans A., Glasbergen P. 2018. Sustainable palm oil as a public responsibility? On the governance capacity of Indonesian Standard for Sustainable Palm Oil (ISPO). *Agric. Hum. Values* 35:223-42.
- IUCN (Int. Union Conserv. Nat.). 2018. *Oil Palm and Biodiversity: A Situation Analysis by the IUCN Oil Palm Task Force*. Gland, Switz.: IUCN.
- Jelsma I., Schoneveld GC., Zoomers A., van Westen ACM. 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.
- Johnston FH., Henderson SB., Chen Y., Randerson JT., Marlier M., *et al.* 2012. Estimated global mortality attributable to smoke from landscape fires. *Environ. Health Perspect.* 120:695-701.
- Katayama A., Kume T., Komatsu H. Saitoh TM., Ohashi M., *et al.* 2013. Carbon allocation in a Bornean tropical rainforest without dry seasons. *J. Plant Res.* 126(4):505-15.

- Kho LK., Jepsen MR. 2015. Carbon stock of oil palm plantations and tropical forests in Malaysia: a review. *Singap. J. Trop. Geogr.* 36:249-66.
- Klasen S., Meyer KM., Dislich C., Euler M., Faust H., *et al.* 2016. Economic and ecological trade-offs of agricultural specialization at different spatial scales. *Ecol. Econ.* 122:111-20.
- Koh LP., Levang P., Ghazoul J. 2009. Designer landscapes for sustainable biofuels. *Trends Ecol. Evol.* 24:431-38.
- Kotowska MM., Leuschner C., Triadiati T., Meriem S., Hertel D. 2015. Quantifying above- and belowground biomass carbon loss with forest conversion in tropical lowlands of Sumatra (Indonesia). *Glob. Change Biol.* 21:3620-34.
- Krashevskaya V., Klarner B., Widyastuti R., Maraun M., Scheu S. 2016. Changes in structure and functioning of protist (testate amoebae) communities due to conversion of lowland rainforest into rubber and oil palm plantations. *PLOS ONE* 11:e0160179.
- Krishna VV., Euler M., Siregar H., Qaim M. 2017a. Differential livelihood impacts of oil palm expansion in Indonesia. *Agric. Econ.* 48:639-53.
- Krishna VV., Kubitzka C., Pascual U., Qaim M. 2017b. Land markets, property rights, and deforestation: insights from Indonesia. *World Dev.* 99:335-49.
- Kubitzka C., Bou Dib J., Kopp T., Krishna VV., Nuryanto N., *et al.* 2019. *Labor Savings in Agriculture and Inequality at Different Spatial Scales: The Expansion of Oil palm in Indonesia*. EForTS Discuss. Pap. 26, Univ. Goettingen.
- Kubitzka C., Gehrke E. 2018. *Why does a Labor-saving Technology Decrease Fertility Rates? Evidence from the Oil Palm Boom in Indonesia*. EForTS Discuss. Pap. 22, Univ. Goettingen.
- Kubitzka C., Krishna VV., Alamsyah Z., Qaim M. 2018a. The economics behind an ecological crisis: Livelihood effects of oil palm expansion in Sumatra, Indonesia. *Hum. Ecol.* 46: 107-16.
- Kubitzka C., Krishna VV., Urban K., Alamsyah Z., Qaim M. 2018b. Land property rights, agricultural intensification, and deforestation in Indonesia. *Ecol. Econ.* 147:312-21.
- Kunz Y., Otten F., Mardiana R., Martens K., Roedel I., Faust H. 2019. Smallholder telecoupling and climate governance in Jambi Province, *Indonesia*. *Soc. Sci.* 8:4-115.
- Laurance WF., Sayer J., Cassman KG. 2014. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends Ecol. Evol.* 29:107-16.
- Lee JSH., Ghazoul J., Obidzinski K., Koh LP. 2014. Oil palm smallholder yields and incomes constrained by harvesting practices and type of smallholder management in Indonesia. *Agron. Sustain. Dev.* 34:501-13.
- Lees AC., Moura NG., de Almeida AS., Vieira ICG. 2015. Poor prospects for avian biodiversity in Amazonian oil palm. *PLOS ONE* 10:e0122432.

- Li TM. 2018. After the land grab: infrastructural violence and the “Mafia System” in Indonesia’s oil palm plantation zones. *Geoforum* 96:328-37.
- Luskin MS., Albert WR., Tobler MW. 2017. Sumatran tiger survival threatened by deforestation despite increasing densities in parks. *Nat. Commun.* 8:1783.
- Margono A., Potapov P., Turubanova S., Stolle F., Hansen M. 2014. Primary forest cover loss in Indonesia over 2000-2012. *Nat. Clim. Change* 4:730-35.
- McCarthy J. 2010. Processes of inclusion and adverse incorporation: oil palm and agrarian change in Sumatra, Indonesia. *J. Peasant Stud.* 37:821-50.
- McCarthy J, Cramb R. 2009. Policy narratives, landholder engagement, and oil palm expansion on the Malaysian and Indonesian frontiers. *Geogr. J.* 175:112-23.
- MEA (Millenn. Ecosyst. Assess.). 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- Meemken EM., Qaim M. 2018. Organic agriculture, food security, and the environment. *Annu. Rev. Resour. Econ.* 10:39-63.
- Meijaard E., Sheil D. 2019. The moral minefield of ethical oil palm and sustainable development. *Front. Un. Glob. Change* 2:22 a.m.
- Mejjide A., Badu C., Moyano F., Tiralla N., Gunawan D., Knohl A. 2018. Impact of forest conversion to oil palm and rubber plantations on microclimate and the role of the 2015 ENSO event. *Agric. Un. Meteorol.* 252:208-19.
- Merten J., Röhl A., Guillaume T., Mejjide A., Tarigan S., *et al.* 2016. Water scarcity and oil palm expansion: social views and environmental processes. *Ecol. Soc.* 21:2-5.
- Mertz O., Mertens CF. 2017. Land sparing and land sharing policies in developing countries—drivers and linkages to scientific debates. *World Dev.* 98:523-35.
- Mingorría S., Gamboa G., Martín-López B., Corbera E. 2014. The oil palm boom: socio-economic implications for Q’eqchi’ households in the Polochic valley, Guatemala. *Environ. Dev. Sustain.* 16:841-71.
- Morgans CL., Meijaard E., Santika T., Law E., Budiharta S., *et al.* 2018. Evaluating the effectiveness of palm oil certification in delivering multiple sustainability objectives. *Environ. Res. Lett.* 13:64032.
- Moser C., Hildebrandt T., Bailis R. 2014. International sustainability standards and certification. En *Sustainable Development of Biofuels in Latin America and the Caribbean*, ed. BD Solomon, R Bailis, pp. 27-69. New York: Springer.
- Mumme S., Jochum M., Brose U., Haneda NF., Barnes AD. 2015. Functional diversity and stability of litter invertebrate communities following land-use change in Sumatra, Indonesia. *Biol. Conserv.* 191:750-58.

- Naylor RL., Higgins MM., Edwards RB., Falcon WP. 2019. Decentralization and the environment: assessing smallholder oil palm development in Indonesia. *Ambio* 48: 1195-208.
- Nkongho RN., Feintrenie L., Levang P. 2014. *The Non-Industrial Palm Oil Sector in Cameroon*. Bogor, Indones.: CIFOR.
- Obado J., Syaukat Y., Siregar H. 2009. The impacts of export tax policy on the Indonesian crude palm oil industry. *ISSAAS* 15(2):107-19.
- 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.* 17:1-25.
- Ohimain EI., Izah SC. 2014. Energy self-sufficiency of smallholder oil palm processing in Nigeria. *Renew. Energy* 63:426-31.
- Okoro SU., Schickhoff U., Böhner J., Schneider UA. 2016. A novel approach in monitoring land-cover change in the tropics: oil palm cultivation in the Niger Delta, Nigeria. *Die Erde* 147:40-52.
- Ordway EM., Naylor RL., Nkongho RN., Lambin EF. 2017. Oil palm expansion in Cameroon: insights into sustainability opportunities and challenges in Africa. *Glob. Environ. Change* 47:190-200.
- Ordway EM., Naylor RL., Nkongho RN., Lambin EF. 2019. Oil palm expansion and deforestation in Southwest Cameroon associated with proliferation of informal mills. *Nat. Commun.* 10:114.
- Osei-Amponsah C., Visser L., Adjei-Nsiah S., Struik PC., Sakyi-Dawson O., Stomph TJ. 2012. Processing practices of small-scale palm oil producers in the Kwaebibirem District, Ghana: a diagnostic study. *Wagening. J. Life Sci.* 60-63:49-56.
- Overbeek W., Kröger M., Gerber J-F. 2012. *An Overview of Industrial Tree Plantation Conflicts in the Global South: Conflicts, Trends, and Resistance Struggles*. EJOLT Rep. 3, Barcelona.
- Paoletti A., Darras K., Jayanto H., Grass I., Kusriani M, Tschardt T. 2018. Amphibian and reptile communities of upland and riparian sites across Indonesian oil palm, rubber and forest. *Glob. Ecol. Conserv.* 16:e00492.
- Persch-Orth M., Mwangi E. 2016. *Company-Community Conflict in Indonesia's Industrial Plantation Sector*. Bogor, Indones.: CIFOR.
- Pirker J., Mosnier A., Kraxner F., Havlik P., Obersteiner M. 2016. What are the limits to oil palm expansion? *Glob. Environ. Change* 40:73-81.
- Potter LM. 2018. Alternative pathways for smallholder oil palm in Indonesia. In *The Oil Palm Complex: Smallholders, Agribusiness and the State in Indonesia and Malaysia*, ed. R Cramb, JF McCarthy, pp. 155-88. Singapore: NUS Press.

- Prabowo W., Darras K., Clough Y., Toledo-Hernandez M., Arlettaz R., *et al.* 2016. Bird responses to lowland rainforest conversion in Sumatran smallholder landscapes, Indonesia. *PLOS ONE* 11:e0154876.
- Pye O. 2019. Commodifying sustainability: development, nature and politics in the palm oil industry. *World Dev.* 121:218-28.
- Pyle JA., Warwick NJ., Harris NRP., Abas MR., Archibald AT., *et al.* 2011. The impact of local surface changes in Borneo on atmospheric composition at wider spatial scales: coastal processes, land-use change and air quality. *Philos. Trans. R. Soc. B* 366:3210-24.
- Rembold K., Mangopo H., Sudarmiyati S., Kreft H. 2017. Plant diversity, forest dependency, and alien plant invasions in tropical agricultural landscapes. *Biol. Conserv.* 213:234-42
- Rhebergen T., Fairhurst T., Zingore S., Fisher M., Oberthür T., Whitbread A. 2016. Climate, soil and land-use based land suitability evaluation for oil palm production in Ghana. *Eur. J. Agron.* 81:1-14.
- Rist L., Feintrenie L., Levang P. 2010. The livelihood impacts of oil palm: smallholders in Indonesia. *Biodivers. Conserv.* 19:1009-24.
- Ruml A, Qaim M. 2019. *Effects of Marketing Contracts and Resource-providing Contracts in the African Small Farm Sector: Insights from Oil Palm Production in Ghana*. Global Food Discuss. Pap. 130, Univ. Goettingen.
- Saharjo BH., Munoz CP. 2005. Controlled burning in peat lands owned by small farmers: a case study in land preparation. *Wetlands Ecol. Manag.* 13:105-10.
- Sahner J., Budi SW., Barus H., Edy N., Meyer M., *et al.* 2015. Degradation of root community traits as indicator for transformation of tropical lowland rain forests into oil palm and rubber plantations. *PLOS ONE* 10:e0138077.
- Santika T., Wilson KA., Budiharta S., Law EA., Poh TM., *et al.* 2019a. Does oil palm agriculture help alleviate poverty? A multidimensional counterfactual assessment of oil palm development in Indonesia. *World Dev.* 120:105-17.
- Santika T., Wilson KA., Meijaard E., Budiharta S., Law EE., *et al.* 2019b. Changing landscapes, livelihoods and village welfare in the context of oil palm development. *Land Use Policy* 87:31-104073.
- Sayer J., Ghazoul J., Nelson P., Boedhihartono AK. 2012. Oil palm expansion transforms tropical landscapes and livelihoods. *Glob. Food Secur.* 1:114-19.
- Schneider D., Engelhaupt M., Allen K., Kurniawan S., Krashevskaya V., *et al.* 2015. Impact of lowland rainforest transformation on diversity and composition of soil prokaryotic communities in Sumatra (Indonesia). *Front. Microbiol.* 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01339>
- Schoneveld GC., van der Haar S., Ekowati D., Andrianto A., Komarudin H., *et al.* 2019. Certification, good agricultural practice and smallholder heterogeneity: differentiated pathways for resolving compliance gaps in the Indonesian oil palm sector. *Glob. Environ. Change* 57:101933.

- Scriven S., Beale C., Benedick S., Hill J. 2017. Barriers to dispersal of rain forest butterflies in tropical agricultural landscape. *Biotropica* 49:206-16.
- Sibhatu KT. 2019. Oil palm boom and farm household diets in the tropics. *Front. Sustain. Food Syst.* 3:75.
- Sibhatu KT, Qaim M. 2018. Farm production diversity and dietary quality: linkages and measurement issues. *Food Secur.* 10:47-59.
- Soliman T., Lim FKS., Lee JSH., Carrasco LR. 2016. Closing oil palm yield gaps among Indonesian smallholders through industry schemes, pruning, weeding and improved seeds. *R. Soc. Open Sci.* 3:160292.
- Susanti W., Pollierer M., Widyastuti R., Scheu S, Potapov A. 2019. Conversion of rainforest to oil palm and rubber plantations alters energy channels in soil food webs. *Ecol. Evol.* 9:9027-39.
- Susila WR. 2004. Contribution of oil palm industry to economic growth and poverty alleviation in Indonesia. *J. Penelit. Pengemb. Pertan.* 23(3):107-13.
- Taheripour F., Hertel TW., Ramankutty N. 2019. Market-mediated responses confound policies to limit deforestation from oil palm expansion in Malaysia and Indonesia. *PNAS* 116:19193-99.
- Tscharntke T., Milder JC., Schroth G., Clough Y., DeClerck F., *et al.* 2015. Conserving biodiversity through certification of tropical agroforestry crops at local and landscape scales. *Conserv. Lett.* 8:14 a.m. -23.
- USDA (Departamento de Agricultura de EE. UU.). 2019. *Oilseeds: World Markets and Trade*. USDA Econ. Stat. Mark. Info. Syst., actualizado Feb. 2020. <https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade>
- Valencia R., Balslev H., Paz y Mino G. 1994. High tree alpha-diversity in Amazonian Ecuador. *Biodivers. Conserv.* 8:21-28.
- van Noordwijk M., Susswein PM., Tomich TP., Diaw C., Vosti S. 2001. *Land Use Practices in the Humid Tropics and Introduction to ASB Benchmark Areas*. Bogor, Indones.: ICRAF.
- Villela A., Jaccoud D., Rosa L., Freitas M. 2014. Status and prospects of oil palm in the Brazilian Amazon. *Biomass Bioenergy* 67:270-78.
- Villoria NB. 2019. Technology spillovers and land use change: empirical evidence from global agriculture. *Am. J. Agric. Econ.* 101:870-93.
- Wilcove DS., Koh LP. 2010. Addressing the threats to biodiversity from oil-palm agriculture. *Biodivers. Conserv.* 19:999-1007.
- Woittiez LS., van Wijk MT., Slingerland M., van Noordwijk M., Giller KE. 2017. Yield gaps in oil palm: a quantitative review of contributing factors. *Eur. J. Agron.* 83:57-77.

- Zhang M., Chang C., Quan R. 2017. Natural forest at landscape scale is most important for bird conservation in rubber plantation. *Biol. Conserv.* 210:243-52.
- Zulkifli Y., Norziha A., Naquiuddin MH., Fadila AM., Nor Azwani AB., *et al.* 2018. Designing the oil palm of the future. *J. Oil Palm Res.* 29:440-45.