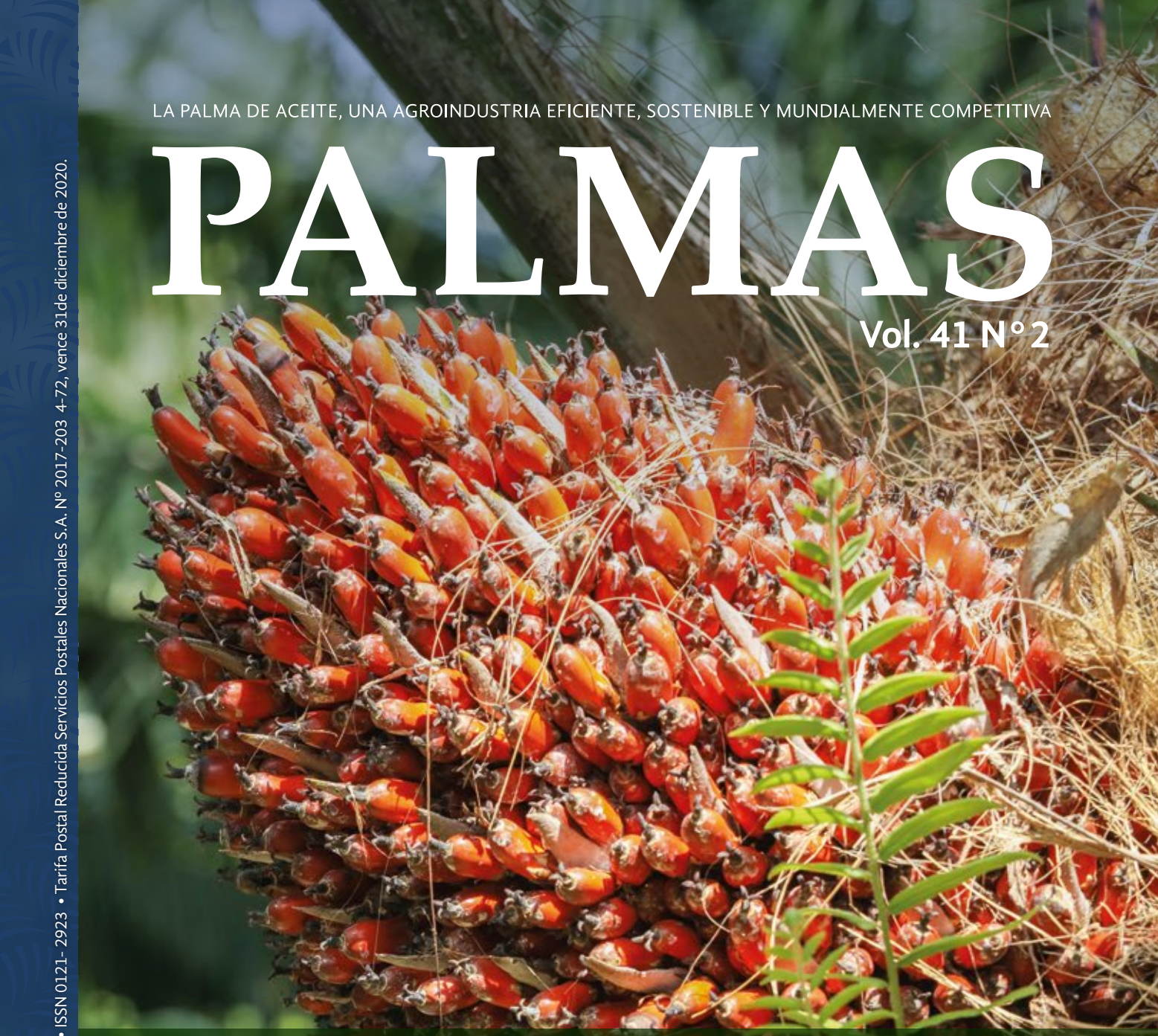
Volumen 41 N° 2 de 2020 • pp. 1 - 104 • abril-junio 2020 • ISSN 0121- 2923 • Tarifa Postal Reducida Servicios Postales Nacionales S.A. Nº 2017-203 4-72, vence 31de diciembre de 2020.

LA PALMA DE ACEITE, UNA AGROINDUSTRIA EFICIENTE, SOSTENIBLE Y MUNDIALMENTE COMPETITIVA

PALMAS

Vol. 41 N° 2



CULTIVO
Mezcla de ácido naftalenacético y polen, ¿se puede considerar una alternativa para la obtención de frutos normales dentro de la polinización artificial en el híbrido *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*?

CULTIVO
Cosecha en cultivos de palma de aceite mediante el uso del grabber: caso de estudio en una plantación de Colombia

SALUD Y NUTRICIÓN
Tendencias en las elecciones de agroalimentos para la salud desde la década de 1960: el caso de los ácidos grasos

Publicación de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite en circulación desde 1980.

fedepalma
CON EL APOYO DEL FONDO DE FOMENTO PALMERO

NUTRIMON®

ENTRE EXPERTOS ENTENDEMOS QUE EL VALOR DE UN FERTILIZANTE ESTÁ EN SU APORTE NUTRICIONAL

FÓRMULA MEJOR BALANCEADA

COMPLEJO GRANULADO POLINUTRIENTE

NUTRIENTES 100% DISPONIBLES EN LA ETAPA DE PRODUCCIÓN

CONTIENE ELEMENTOS SECUNDARIOS Y MICRONUTRIENTES

N	NITRÓGENO 12%	P	FÓSFORO 5%	K	POTASIO 27%
Mg	MAGNESIO 5%	S	AZUFRE 1%	B	BORO 0.5%

Vía 40 - Las Flores. Barranquilla, Atlántico. Cel: 311 422 8133
asistenciatecnica@monomeros.com.co

@monomerossa www.monomeros.com

fedepalma
CON EL APOYO DEL FONDO DE FOMENTO PALMERO

Calle 98 No. 70-91
Tel: 313 86 00
www.fedepalma.org
Bogotá D. C., Colombia

Esta publicación cuenta
con el patrocinio del
Fondo de Fomento Palmero

Fotografía: archivo Fedepalma

La revista Palmas no se hace responsable
de las opiniones emitidas por los autores.

Incluida en el portal de revistas de
la BVS de BIREME/OPS/OMS

Versión digital en OJS:
https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas

Jens Mesa Dishington
Presidente Ejecutivo de Fedepalma

Editor
Andrés Felipe García Azuero
Director de Planeación Sectorial y Desarrollo Sostenible

Comité Editorial
Jens Mesa Dishington
Boris Hernández Salame
Jaime González Triana
Juan Fernando Lezaca Mendoza
Carolina Gómez Celis

Comité Científico
Álvaro Campo Cabal, *Ph.D.*
Álvaro Silva Carreño, *Ph.D.*
Carlos Beltrán Roldán, *M.Sc.*
Fernando Munévar Martínez, *Ph.D.*
Luis Eduardo Zapata Munévar, *Ph.D.*

Coordinación Editorial
Ana Marcela Hernández Calderón

Responsable de Publicaciones
Yolanda Moreno Muñoz

Centro de Información y Documentación
Martha Helena Arango de Villegas

Traductor
Carlos Arenas

Diagramación
Fredy Johan Espitia B.

Impresión
Estudio 45-8 S. A. S.

Cualquier utilización por terceros, de todo o parte del contenido de la revista Palmas, deberá ir acompañada de su nota bibliográfica y estar claramente referenciada (indicando en cada caso el nombre de la revista, volumen, número y año de edición). Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los artículos con fines comerciales.

Contenido

Editorial

6 La vocación agrícola le hace frente al COVID-19 en beneficio de la seguridad alimentaria
The Agricultural Vocation Stands up to COVID-19 for the Benefit of Food Security

Cultivo

13 Cosecha en cultivos de palma de aceite mediante el uso del grabber: caso de estudio en una plantación de Colombia
Harvesting by Using Grabber in Oil Palm Crops: a Case Study in a Plantation of Colombia
Munévar M. Daniel E., Ruiz Á. Elizabeth, Díaz R. William D., Báez C. Diego E., Hernández H. Juan S., Salamanca Óscar, Mosquera M. Mauricio

27 Respuesta fisiológica de la palma de aceite a la aplicación de herbicidas al plato
Physiological Response of Oil Palm to Circle-Weeding Sprayed with Herbicides
D. Rivera M. Yurany, Ayala Iván M., Romero Hernán M.

38 Mezcla de ácido naftalenacético y polen, ¿se puede considerar una alternativa para la obtención de frutos normales dentro de la polinización artificial en el híbrido *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*?
Mixing 1-Naphthaleneacetic Acid and Pollen, Could it be Considered as an Alternative for Obtaining Normal Fruits within Artificial Pollination in the Hybrid Elaeis oleifera x Elaeis guineensis?
Ruiz-Romero R., Daza Edison, Calpa Ángela, Romero Hernán M.

Sostenibilidad

48 Consecuencias ambientales, económicas y sociales del auge de la palma de aceite
Environmental, Economic, and Social Consequences of the Oil Palm Boom
Matin Qaim, Kibrom T. Sibhatu, Hermanto Siregar, Ingo Grass

Salud y nutrición humana

79 Tendencias en las elecciones de agroalimentos para la salud desde la década de 1960: el caso de los ácidos grasos
Trends in Agri-food Choices for Health since the 1960s: The Case of Fatty Acids
Duru Michel

Publicaciones de la Federación en otros medios

98 Publicaciones de Fedepalma y Cenipalma en otros medios
Publications by Fedepalma and Cenipalma in other Media

Cualquier utilización por terceros, de todo o parte del contenido de la revista Palmas, deberá ir acompañada de su nota bibliográfica y estar claramente referenciada (indicando en cada caso el nombre de la revista, volumen, número y año de edición). Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los artículos con fines comerciales.

Política editorial revista Palmas

PALMAS es una publicación de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma) fundada en 1980, de circulación trimestral a nivel nacional e internacional.

PALMAS es una revista de análisis especializada en la agroindustria de la palma de aceite con artículos sobre el desarrollo de nuevas tecnologías para el cultivo, el procesamiento y la extracción de aceite de palma, aspectos nutricionales del consumo de aceites y grasas, análisis de mercados y comercialización, así como el registro de los eventos gremiales de la Federación.

Está dirigida a todo el sector palmicultor, los gerentes, administradores y agrónomos de las plantaciones, a las entidades representativas del sector agropecuario en general, a los diferentes estamentos del gobierno, a las industrias de aceites y grasas, a los alimentos concentrados, a las industrias con aplicaciones no comestibles de los aceites de palma, a los centros educativos y de investigación nacionales e internacionales y al público interesado en el tema. Circula, además, en países de América, Europa y Asia.

Se publican trabajos inéditos, resultados de investigación, artículos preparados con base en tesis de grado, informes o avances técnicos, artículos traducidos de otras publicaciones, ponencias de eventos, artículos de revisión.

Las opiniones expresadas en los artículos reflejan el pensamiento y opinión de los autores y no necesariamente los de Fedepalma.

El Comité Editorial se reserva el derecho de aceptar los artículos que se van a publicar, previa revisión por personal técnico y pares.

Los artículos deben cumplir con las normas editoriales elaboradas por Fedepalma. Todos los artículos serán sometidos a una corrección de estilo realizada por un experto.

Guía para la elaboración de artículos en revista Palmas

Presentación de artículos

- Enviar original por medio del portal OJS (publicaciones.fedepalma.org)
- Documento original en Word, en medio digital, a 12 puntos y doble espacio, con márgenes de 2,5 cm.
- Todos los artículos deben incluir título (no más de 15 palabras) en español y en inglés, sección a la que pertenecen y tipo de artículo.
- Títulos. Primer orden en mayúsculas y negritas; segundo orden: minúsculas y negritas; tercer orden: en cursivas.
- Las tablas y figuras en Excel o programa original. Las fotos en alta resolución (300 dpi o 1 Mega).
- Los artículos deben tener resumen en español y en inglés (250 palabras, cada uno), y palabras clave en los dos idiomas. No debe contener las palabras del título.
- El nombre del autor: dos apellidos, cuando los use, dirección, correo electrónico, cargo y empresa.
- Los artículos de innovación científica y tecnológica tienen un máximo de 25 páginas.
- Los tipos de artículos que tiene la revista son: investigación e innovación científica, reseña, reflexión y traducción.
- Las secciones son: Cultivo, Sostenibilidad, Extensión, Institucionalidad, Emprendimiento, Comercialización y mercados, Valor agregado, Salud y nutrición humana, Memorias de eventos.

La estructura de artículo de investigación e innovación científica y tecnológica es la siguiente:

- Sección y tipo de artículo: enumerados anteriormente.
- Título: en español e inglés, corto (15 palabras máximo), de lo contrario deberá incluirse un subtítulo.
- Autores: escribir el primer nombre e inicial del segundo, primer apellido e inicial del segundo. La dependencia a que pertenecen, dirección postal completa y correo electrónico.
- Resumen en español e inglés: no debe superar las 250 palabras.
- Palabras clave: hasta ocho palabras que faciliten el uso de los sistemas de catalogación y búsqueda de información por computador. No se deben repetir las palabras del título.
- Introducción: se define el problema por estudiar, los objetivos del artículo, la metodología y se indica la importancia de la investigación. Con citas bibliográficas se sustenta la revisión de literatura sobre el tema.
- Materiales y métodos: se deben describir los detalles y características del sitio, materiales, técnicas, diseño experimental y análisis estadísticos.
- Resultados y discusión: es preferible presentarlos unidos. Los resultados deben describirse en forma concisa y utilizar tablas, figuras y fotografías. En la discusión se hará la evaluación de los resultados obtenidos y se relacionan con los resultados de otras investigaciones, sustentados con citas bibliográficas dentro del texto.
- Conclusiones: deben ser breves y corresponden a las recomendaciones, sugerencias e hipótesis nuevas. No debe repetir los resultados.
- Bibliografía: se debe limitar a la estrictamente necesaria y en relación directa con la investigación realizada. Todas las referencias listadas deben estar citadas en el texto. Se deben colocar en orden alfabético por apellido e incluyen: autor, año, título, número de edición, casa editora, lugar de publicación, número de páginas, siguiendo las normas de citación de la American Psychological Association (APA), sexta edición. En caso de ser publicación periódica se debe citar el nombre de la revista y entre paréntesis el país, volumen, número y páginas, si corresponde a una serie o colección.

Advertencia. Los contenidos de los avisos publicitarios de esta revista son atribuibles y responsabilidad exclusiva de los anunciantes o pautantes. Para interponer cualquier reclamación relacionada con los contenidos publicitarios insertados en la revista Palmas, pueden dirigirse a la siguiente dirección de correo electrónico atencionalafiliado@fedepalma.org y desde allí se hará el contacto con el pautante.

Editorial Policy for Palmas Journal

PALMAS is a publication of the National Federation of Oil Palm Growers (Fedepalma) founded in 1980, published quarterly with national and international circulation.

PALMAS is an analysis journal specialized in the oil palm agro-industry, with articles on the development of new technologies for cultivation, processing and extraction of palm oil, nutritional aspects of oils and fats consumption, market analysis and marketing, as well as the record of the trade association events of Fedepalma.

The journal is aimed at the entire oil palm sector, plantation managers, directors, and agronomists, the representative bodies of the agricultural sector in general, the different institutions of the government, the oils and fats industries, animal feed industry, industries with non-edible applications of palm oils, and national and international research and educational centers and public interested in the subject. It also circulates in countries of America, Europe, and Asia.

Unpublished works, research results, articles prepared on the basis of degree thesis, technical reports or advances, articles translated from other publications, papers from events, and review articles are published in this journal.

The opinions expressed in the articles reflect the view and opinion of the authors and not necessarily those of Fedepalma.

The Editorial Committee reserves the right to accept the articles to be published, after review by technical staff or peer review.

The articles must comply with the publishing guidelines established by Fedepalma and submitted to the Office of Publications of Fedepalma in digital form. All articles will be subject to proofreading by an expert.

Note for the Authors: Guidelines for the Preparation of Articles in Palmas

Articles Submission

- Submissions should be process via OJS through publicaciones.fedepalma.org
- Original in Word format 12 points, in digital media, and double space with margins of 2,5 cm.
- The article title should be short, maximum 15 words, in Spanish and English, section and type of article.
- First-order headings must be in upper case and bold; second-order in lower case and bold, and third-order in italics.
- The tables and figures preferably in Excel. High resolution photos (300 dpi or 1 Mega).
- All articles must have a summary in Spanish, and whenever possible in English, and keywords.
- Authors' name must indicate both surnames if used, and data of address, position and company in case of having them.
- Scientific articles should not exceed 25 double-spaced pages.
- The types of articles are: scientific research and innovation, review, reflection and translation.
- The sections are: Culture, Sustainability, Extension, Institutionality, Entrepreneurship, Marketing and Markets, Added Value, Health and Nutrition

The structure of scientific and technological research and innovation article should be following:

- Title: should be short, maximum 15 words, otherwise a subtitle should be included.
- Authors: place first name and middle initial, first surname and initial of the second; provide organizational affiliation, Email and full postal address.
- Abstract should not exceed 250 words.
- Keywords: up to eight words can be placed to facilitate the use of modern computer-based systems for cataloguing and retrieval of information. The words of the title should not be repeated.
- Introduction: the problem to be studied is defined and the importance of the research is indicated. Literature review on the topic is supported with bibliographic citations.
- Materials and Methods: details and characteristics of site, materials, techniques, experimental design, and statistical analysis should be described
- Results and Discussion: It is preferable to present them together. Results should be described in a concise manner using tables, figures, and photographs. In the discussion, an evaluation of the results obtained will be done and related to other research results, supported with bibliographic citations within the text.
- Conclusions: they should be brief and correspond to the new recommendations, suggestions, and hypotheses. Do not repeat results.
- References: should be limited to the strictly necessary and directly related to the research done. All listed references should be cited in the text. They should be placed in alphabetical order by surname and include: author, year, title, issue number, publishing house, place of publication, page numbers, following the American Psychological Association (APA), sixth edition, referencing and style system. In the event of being a periodical publication, the name of the journal should be cited and in parenthesis the country, volume, number and pages if it corresponds to a series or collection.

EDITORIAL

La vocación agrícola le hace frente al COVID-19 en beneficio de la seguridad alimentaria

El 11 de marzo de 2020, en horas de la tarde, el Director General de la Organización Mundial de la Salud, Tedros Adhanom Ghebreyesus, le informó al mundo que el contagio del coronavirus, COVID-19, había aumentado exponencialmente por fuera de China. En ese momento estaba presente en 114 países con 118 mil casos reportados y 4.291 personas fallecidas, por lo tanto, se declaró pandemia. A 11 de junio se contaba con 7.343.562 casos reportados y más de 416 mil muertos en el mundo.

Las crisis llevan al ser humano a centrarse en lo importante, a regresar al origen, a lo esencial. Todos los gobiernos al unísono, al cerrar las puertas por la rápida transmisión del virus, miraron hacia dentro, y si bien, la vida y la salud volvieron a ser el centro de la existencia, a la par estuvo la seguridad alimentaria. El sector agropecuario recobró su importancia, su verdadero valor estratégico.

Por ello, en los países desarrollados se han tomado medidas para mitigar los efectos devastadores del COVID-19 en sus sectores agrícolas. Fue así como el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) anunció un paquete de alivios por 9,5 billones de dólares, pues a través de la Ley de Ayuda, Alivio y Seguridad Económica de Coronavirus (CARES*) y la Ley de Autorización de la Corporación de Crédito de Productos Básicos (CCC*) se aprobaron los fondos para el Programa de Asistencia Alimentaria Coronavirus (CFAP*) para productores de productos no especializados como semillas oleaginosas (soya, girasol y canola), cebada cervecera, maíz, algodón de tierras altas, mijo, avena , sorgo, trigo candeal y trigo rojo duro de primavera.

La Unión Europea (UE) estableció también medidas por el COVID-19 bajo el marco de su Política Agrícola Común (PAC). Según el reporte *EU Commission Adopts Agri Food Support Measures,* se permitió aumentar los programas de apoyo a productos como el aceite de oliva, e incluso, flexibilizar su política de competencia para lograr que se estabilizaran los mercados de estos productos agrícolas.

Sin duda alguna, no podríamos estar más de acuerdo con la declaración de Julio Berdegué, Representante Regional de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para América Latina y el Caribe: "Es clave que los gobiernos declaren la alimentación y la agricultura como actividades estratégicas de interés público nacional, con apoyo de todos los órganos del Estado y de la población. Es esencial mantener vivo el sistema alimentario, para que la crisis sanitaria no se transforme en una crisis alimentaria".

Así mismo, la FAO invitó a los países, en una publicación del 24 de abril de este año, a centrarse en evitar el hambre, pues asegura que "si la recesión mundial, debido a los efectos del COVID-19, desencadenara una reducción en la tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB) de entre 2 y 10 puntos porcentuales en todos los países en 2020, entonces el número de personas desnutridas en los países importadores netos de alimentos aumentaría de 14,4 millones a 80,3 millones, y la mayor parte del aumento provendría de países de bajos ingresos".

También, en esta publicación asegura que los países deben estimular económicamente el desarrollo interno de las cadenas de suministro de alimentos, al tiempo que deben proteger el acceso a los producidos locales, regionales y globales. Es decir, la prioridad debe estar en asegurar la alimentación de las poblaciones.

Es que el problema de la sostenibilidad alimentaria que existía antes del COVID-19 se ha agudizado. El informe de la Red mundial contra la crisis alimentaria publicado por la FAO indicó que, "a finales de 2019, 135 millones de personas de 55 países y territorios sufrían de inseguridad alimentaria aguda (Fase 3 o superior de la CIF/CH); 75 millones de niños sufrían de retraso en el crecimiento; y 17 millones padecían emaciación (peso inferior al que corresponde a la estatura). Se trata del nivel más alto de inseguridad alimentaria aguda y malnutrición documentado por la Red, desde la primera edición del informe en 2017", cita el documento en su resumen.

Este informe es el resultado de un proceso de análisis y de consenso, en el que participaron 15 socios internacionales humanitarios y de desarrollo: el Comité Interestatal Permanente de Lucha contra la Sequía en el Sahel (CILSS), la UE, la Red de sistemas de alerta temprana en caso de hambruna (FEWS NET*), el Módulo de Seguridad Alimentaria Mundial de la FAO, el Grupo de Nutrición Mundial, la Unidad de Apoyo Mundial de la Clasificación Integrada de la Seguridad Alimentaria en Fases (CIF*), la Autoridad Intergubernamental para el Desarrollo (IGAD*), el Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI*), el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), la Comunidad de África Meridional para el Desarrollo (SADC), el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF*), la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID*), el Programa Mundial de Alimentos (PMA), la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (OCHA*) y la Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR*). Por tanto, es un llamado multisectorial para trabajar por la sostenibilidad alimentaria y por seguros aliados que velen por ella.

Colombia es uno de los países que ha sido considerado por la FAO como una despensa alimentaria para el mundo. En su último informe asegura: "una de las principales oportunidades que tiene Colombia para fortalecer la producción rural es contar con una frontera agrícola de 40 millones de hectáreas, de las cuales actualmente solo se utiliza el 19 %, por lo que más de 32 millones aún están disponibles para convertirse en senderos de producción agrícola que dinamicen el campo".

Es el momento del desarrollo agropecuario para Colombia. Tenemos tierra, agua, gente y

recursos para desarrollar la vocación agrícola. Es necesario contar con una estrategia clara, teniendo una visión empresarial del campo colombiano que nos permita hacer realidad la vocación agrícola que tenemos y que actualmente está siendo demanda por las necesidades de alimentación de nuestro país, la región y el mundo.

El sector palmero inició en Colombia durante los años 50 y 60, por un esfuerzo gubernamental y privado para subsanar la escasez de aceite vegetal en el mercado local, y hoy en día tiene la producción suficiente para abastecer el mercado local y exportar sus excedentes. El lograr la plenitud del desarrollo agropecuario necesita decisión estratégica del Estado, consistencia en la política pública, en el impulso y en los incentivos agropecuarios.

* Por sus siglas en inglés.

The Agricultural Vocation Stands up to COVID-19 for the Benefit of Food Security

In the afternoon of March 11, 2020, the World Health Organization Director-General, Tedros Adhanom Ghebreyesus, informed the world that the COVID-19 coronavirus outbreak was growing exponentially outside of China. At the time, there were 118 thousand confirmed cases in 114 countries, with 4,291 people dying to the virus. The outbreak was declared a pandemic. As of June 11, there were 7,343,562 confirmed cases and over 416 thousand deaths worldwide.

Crises lead humanity to focus on what is vital and return to its roots and essence. By closing their doors due to the rapid transmission of the virus, all governments in unison looked inward, and life and health were once again at the center of existence, hand in hand with food security. The agricultural sector regained its importance and its actual strategic value.

Therefore, developed countries have taken measures to mitigate the devastating effects of COVID-19 on their agricultural sector. Hence, after the United States approved funds through the Coronavirus Aid, Relief, and Economic Security Act (CARES) and the Commodity Credit Corporation (CCC) charter act, the United States Department of Agriculture (USDA) announced a USD 9.5 billion relief program for growers of non-specialized products such as oilseeds (soy, sunflower, and rapeseed), malting barley, corn, highland cotton, millet, oat, sorghum, durum wheat, and hard red spring wheat.

The European Union (EU) also implemented measures to face COVID-19 under the Common Agricultural Policy (CAP). According to the report *EU Commission Adopts Agri-Food Support Measures*, the EU increased the support programs for products such as olive oil and even made its competition policy more flexible to stabilize the markets of these agricultural products.

We fully agree with the words of Julio Berdegue, Regional Representative for Latin America and the Caribbean of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations: "Governments must declare food and agriculture as strategic activities of national public interest, with the support of all state organs and the population. Keeping the food system alive is essential, so that the health crisis does not become a food crisis."

Similarly, on a statement released on April 24 of this year, the FAO called upon the countries to focus on avoiding hunger, mentioning that "if the anticipated global recession, due to the effects of COVID-19, were to trigger a reduction in the growth rate of gross domestic product (GDP) of between two and ten percentage points in all countries in 2020, then the number

of undernourished people in net food-importing countries would increase by 14.4 million to 80.3 million most of them from low-income countries.

The statement also mentions that economic stimulus in all countries must be focused on keeping the food supply chains functioning, while also protecting access to locally-, regionally- and globally-produced food. In other words, ensuring that people have access to food must be a priority.

The problem of food sustainability dating to before the COVID-19 outbreak has become more urgent. The report of the Global Network Against Food Crisis published by the FAO mentioned that "in late 2019, 135 million people in 55 countries suffered acute food insecurity (IPC Phase 3 or worse); 75 million children are stunted, and 17 million suffered from wasting (low weight for height). This is the highest level of acute food insecurity and undernourishment documented by the Network since the first issue of the report in 2017."

This report is the result of an analysis and consensus-building process involving 15 international humanitarian and development partners: the Permanent Interstate Committee for drought control in the Sahel (CILSS), the European Union (EU), the Famine Early Warning Systems Network (FEWS NET), the World Food Safety Module of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the Integrated Food Security Phase Classification (IPC), the Intergovernmental Authority on Development (IGAD), the International Food Policy Research Institute (IFPRI), the Central American Integration System (SICA), the Southern African Development Community (SADC), the United Nations International Children's Fund (UNICEF), the United States Agency for International Development (USAID), the World Food Programme (WFP), the United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA) and the Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights (OHCHR). Therefore, it is a multi-sectoral call to work for food sustainability and for reliable partners to ensure it.

Colombia is one of the countries the FAO considers as a global food pantry. In its latest report, it mentions that: "One of the main opportunities of Colombia to strengthen its rural production is its agricultural frontier that covers 40 million hectares, of which only 19% is currently being used; therefore, over 32 million hectares are still available to be converted into agricultural production that will make the countryside more dynamic."

It is time for agricultural development in Colombia. We have land, water, people, and resources to develop the agricultural vocation. There must be a clear strategy and a business vision of the Colombian countryside that will allow us to make our agricultural vocation a reality, as currently demanded by the food needs of our country, the region, and the world.

The development of the oil palm sector in Colombia began in the 50s and 60s with government and private efforts to face the shortage of vegetable oil in the local market. Today, the country produces sufficient oil to supply the domestic demand and export the surplus. Achieving full agricultural development requires strategic decision-making by the State, consistency in public policies, and the promotion and incentives for agriculture.

Banco Agrario de Colombia

PROTEGE TU CULTIVO DE PALMA DE ACEITE

Con la **Línea de Crédito LEC BIOSEGURIDAD Y CONTROL DE ENFERMEDADES** con recursos Finagro*, apoyamos a pequeños y medianos productores en el cumplimiento del protocolo de seguridad y vigilancia para prevenir la marchitez en el cultivo de **palma de aceite**.

TASAS

Pequeño Productor
Hasta DTF + 2% E.A. / Hasta IBR + 1.9%

Mediano Productor
Hasta DTF + 4% E.A. / Hasta IBR + 3.9%

Gran Productor
Hasta DTF + 5% E.A. / Hasta IBR + 4.8%

PLAZO Y PERÍODO DE GRACIA

- El plazo máximo de otorgamiento del subsidio hasta de cinco (5) años.**
- Periodo de gracia acorde con el ciclo productivo de la actividad agropecuaria.

ACTIVIDADES FINANCIABLES

Eliminación y renovación del cultivo de palma de aceite.

* Línea sujeta a disponibilidad y asignación de recursos por parte de Finagro.
** En todo caso el plazo de otorgamiento del subsidio no podrá ser superior al plazo del crédito.

Para más información, escríbenos al correo: sandram.hernandez@bancoagrario.gov.co

XLVIII CONGRESO NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE 2020

XLVIII Asamblea General de Fedepalma
XXX Sala General de Cenipalma

fedepalma cenipalma

¡Las inscripciones están abiertas!
Participe en nuestros foros virtuales del Congreso 2020

Encuentros virtuales

DEL **20** AGOSTO | AL **19** NOVIEMBRE

20 AGOSTO	**LMC International, Reino Unido**	■ Perspectivas globales de la agricultura ■ ¿Hacia dónde se dirige el mercado de aceites y grasas? Conferencias con **traducción simultánea**
3-4 SEPTIEMBRE	**Organizado por Fedepalma**	Sesiones Estatutarias y diálogo con el Gobierno Nacional
24 SEPTIEMBRE	**Organizado por Fedepalma**	Evento de Sostenibilidad Palmera y homenaje a la Mujer Palmera y Premiación del Concurso de Fotografía Conferencia abierta con **inscripción gratuita**
22 OCTUBRE	**Conferencista por confirmar**	COVID-19: su impacto y cómo afrontarlo desde los negocios agroindustriales
19 NOVIEMBRE	**LMC International, Reino Unido**	■ Tendencias del mercado internacional de aceites y grasas ■ Oportunidades para la agroindustria de la palma de aceite de Colombia en un escenario Post COVID-19 Conferencias con **traducción simultánea**

Para mayor información e inscripciones
email: eventos@fedepalma.org – pparrado@fedepalma.org
Celular: (57) 316 520 0485 - (57) 314 298 5107

Cosecha en cultivos de palma de aceite mediante el uso del grabber: caso de estudio en una plantación de Colombia*

Harvesting by Using Grabber in Oil Palm Crops: a Case Study in a Plantation of Colombia

Citación: Munévar-M., D. E., Ruiz-Á., E., Díaz-R., W., Báez-C., D., Hernández-H., J. S., Salamanca, Ó., Cárdenas, H. & Mosquera-Montoya, M. (2020). Cosecha en cultivos de palma de aceite mediante el uso del grabber: caso de estudio en una plantación de Colombia. *Palmas, 41*(2), 13-26.

Palabras clave: rendimiento de la mano de obra, cosecha mecanizada, costos unitarios, *E. guineensis*.

Keywords: Labor yield, mechanized harvest, unit costs, *E. guineensis*.

Recibido: abril de 2020.

Aprobado: mayo de 2020.

* Artículo de investigación e innovación científica y tecnológica.

Munévar M. Daniel E.
Auxiliar de Investigación de Cenipalma
dmunevar@cenipalma.org

Ruiz Á. Elizabeth
Investigador Asociado de Cenipalma
eruiz@cenipalma.org

Díaz R. William D.
Coordinador Agronómico de Inparme S. A. S.
coordinadoragronomico@inparme.com.co

Báez C. Diego E.
Coordinador de Sanidad de Inparme S. A. S.
coordinadorsanidad@inparme.com.co

Hernández H. Juan S.
Cenipalma

Salamanca Óscar
Director Agronómico de Inparme S. A. S.
directoragronomico@inparme.com.co

Mosquera Montoya Mauricio
Coordinador de la Unidad de Validación
Dirección de Investigación de Cenipalma
mmosquera@cenipalma.org
Autor de correspondencia

Resumen

La cosecha de racimos de fruta fresca (RFF) de palma aceite es uno de los procesos que representa la mayor parte del total de los costos del cultivo de palma de aceite. Además, es el proceso más intensivo en cuanto a mano de obra, algo que debe ser considerado ya que su oferta tiende a disminuir en las zonas rurales. Por eso, tecnologías como el grabber, un sistema mecanizado para recoger racimos del suelo, son interesantes para los cultivadores, pues ayuda a aumentar

la productividad de la mano de obra. Los resultados presentados aquí corresponden a un estudio de tiempo y movimiento realizado con el fin de evaluar el rendimiento laboral, una vez que el grabber se implementa para la cosecha. El estudio consideró la estacionalidad en el rendimiento de RFF (las fluctuaciones del rendimiento en el año, medido en toneladas de RFF/hectárea) mediante el análisis del rendimiento de la mano de obra durante los meses de alta produccción, frente a los meses de baja producción. Los resultados indican que el grabber recoge entre 20,3 t RFF/día a partir de 31 ha/día durante los meses con baja producción y, 30,5 t RFF/día a partir de 12,7 ha/día durante los meses con alta producción. En cuanto al costo unitario por tonelada de RFF cosechado, se estimó un valor de $ 24.263/t RFF en los meses de alta producción, y de $ 27.083/t RFF en meses de baja producción. En conclusión, es un 10,4 % más barato cosechar mediante el uso del grabber cuando hay altas producciones (t RFF/ha), lo que arroja luz sobre el hecho de que los sistemas mecanizados requieren altos rendimientos para ser rentables.

Abstract

The harvest of oil palm fresh fruit bunches (FFB) in one of the processes that account for the greatest share in the total of production costs of oil palm cropping. Besides, the harvest is the most labor- intensive process when it comes to oil palm cropping. The latter must be considered since labor supply tends to decrease at rural areas. This is why, technologies such as the grabber, a mechanized system for picking up bunches from the floor, are interesting for growers. The grabber helps increasing labor productivity. The results presented here, correspond to a time and motion study undertaken in order to assess labor yield, once the grabber is implemented for harvesting. The study considered the seasonality in FFB yield (measured in tons of FFB/hectare) by analyzing labor yield during high yield months, against low yield months. Results indicate that the grabber picks up between 20.3 t FFB/day from 31 ha/day during the months with low yield and; 30.5 t FFB/day from 12.7 ha/day during the months with high yield. Regarding the unit cost per ton of FFB harvested, it was estimated a value of COP 24,263/t FFB at high yield months and, a value of COP 27,083/t FFB at low yield months. In conclusion, it is 10.4 % cheaper to harvest by using the grabber when there are high yields (t FFB/ha), which sheds light on the fact that mechanized systems require high yields to be cost-effective.

Introducción

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) es una de las oleaginosas de mayor importancia económica en el mercado mundial, caracterizada por su mayor rendimiento en comparación con otros cultivos y por representar mayor participación en volúmenes de producción y consumo (USDA, 2019). También se destaca por la versatilidad de las aplicaciones de su aceite, el cual abarca usos alimenticios, cosméticos y la producción de biodiésel (Rincón y Martínez, 2009).

Tras su llegada al país en 1932, el cultivo comenzó su expansión por el territorio nacional (Cenipalma y Fedepalma, 2013). Y aunque Colombia registra baja participación en el mercado internacional con respecto a los volúmenes transados por países como Malasia e Indonesia (Gómez y González, 2015), es el cuarto productor de aceite de palma a nivel mundial (Fedepalma, 2018).

La palma de aceite es un cultivo que tiene una alta demanda de mano de obra, este rubro representa entre 42 % y 49 % del costo de producción por tonelada

(Mosquera *et al.*, 2019b). Sin embargo, la disponibilidad de este factor es variable entre las diferentes regiones cultivadoras de palma de aceite (Ruiz *et al.,* 2015*)*. Frente a esta situación, las plantaciones deben diseñar diferentes estrategias que permitan aumentar su competitividad, en las dimensiones de producción y operaciones, ya sea optimizando los procesos de producción actuales o proponiendo nuevas metodologías (Ibarra, González y Demuner, 2017).

La cosecha es una de las labores críticas en el proceso productivo de la palma de aceite, puesto que su adecuada ejecución influye en la calidad y la cantidad del aceite a extraer de los racimos. En la estructura de costos de producción de racimos de fruta fresca (RFF), la cosecha y el transporte cuentan con una mayor participación en el costo, ocupando una proporción relevante, con cerca del 30 % de los costos totales en *E. guineensis* (Mosquera *et al.,* 2019b). Estas actividades son altamente demandantes en mano de obra, y 90 % de los recursos invertidos en ellas se destinan a la remuneración del personal que labora (Mosquera *et al*., 2019a).

Por otra parte, la mecanización de labores se ha convertido en una herramienta importante para lograr una agricultura eficiente y competitiva (Islam, 2010). El uso de maquinaria agrícola puede contribuir a disminuir las pérdidas de margen del negocio agrícola y a compensar la escasez de mano de obra (Ortiz, Palacios y Cervantes, 2016).

En este orden de ideas, han surgido alternativas de mecanización en las labores de cosecha, en específico el alce de racimos, como es el caso del grabber. Sin embargo, existe incertidumbre en los rendimientos que puede alcanzar la máquina en diferentes condiciones de trabajo, así como en los costos que implica su operación en plantaciones de Colombia. Este artículo presenta los resultados de la estimación del rendimiento estándar y los costos de la labor de alce mecanizado con grabber en una plantación de palma de aceite adulta de la Orinoquia colombiana, teniendo en cuenta dos escenarios de densidad de cosecha.

Materiales y métodos

Descripción del sistema de alce

El sistema de alce mecánico documentado en la plantación está conformado por tres componentes: un tractor de 45 HP, un brazo y un zorro hidráulicos de volteo lateral, como se observa en la Figura 1.

Ubicación

La investigación se realizó en una finca de la plantación de palma de aceite Inparme S. A. S., ubicada en el municipio de Cabuyaro, Meta. Los datos se tomaron durante el segundo semestre de 2017 y el primer semestre de 2018, en lotes con siembras entre 1990 y 2013, con cultivares IHRO y Unipalma. Estos periodos de tiempo corresponden a las épocas de baja y alta producción de la plantación respectivamente, de acuerdo con sus registros de producción.

Figura 1. Sistema de alce mecanizado con grabber.

Fuente: Autor (2018)

Con el fin de mejorar la precisión del tiempo de la labor y disminuir el sesgo, se seleccionaron los operarios del grabber con más de un año de experiencia en el uso de la máquina, en la misma finca, y que de acuerdo con el criterio de los supervisores registraban un ritmo de trabajo normal o promedio.

Método

La investigación se realizó en tres fases: diagnóstico operativo, estudio de tiempos y análisis económico. Para las dos primeras, se siguió la metodología propuesta por Sánchez *et al.* (2010). El análisis se realizó bajo un enfoque de ingeniería económica, haciendo énfasis en el costo de producción unitario.

Diagnóstico operativo: para conocer los procesos que realiza la máquina durante la jornada laboral se realizó una documentación en campo durante 15 días. A partir de la observación directa del operario, se registraron y clasificaron todas las actividades ejecutadas desde el inicio al cierre del día de trabajo.

Las actividades observadas fueron clasificadas como ciclo básico (aquellas acciones repetitivas a lo largo del día y necesarias para realizar el trabajo) y otras acciones (necesarias para realizar el trabajo, pero que se llevan a cabo con menor frecuencia). Asimismo, se realizó la identificación de demoras en la ejecución de la labor y de factores que generaban fatiga al operario.

Las actividades que conforman la labor fueron representadas a través de un diagrama de proceso utilizando la simbología de la American Society of Mechanical Engineer (ASME), según lo indicado por Sánchez *et al.* (2010). A partir del diagnóstico operativo se diseñó el estudio de tiempos.

Estudio de tiempos: se realizó para determinar el rendimiento estándar del alce mecanizado. Fue necesario estimar el tamaño de muestra para cada escenario de densidad de cosecha. Con este fin, se partió de una medición de tiempos preliminar del ciclo básico de trabajo y se asumió varianza desconocida. Con base en el muestreo preliminar de tiempos, se estimó el tamaño de muestra (Ecuación 1). La medición de tiempos se efectuó utilizando el método de cronometraje por tiempo continuo, utilizando la aplicación para android Hybrid Stopwatch. Los datos fueron exportados a Microsoft Excel para su tratamiento estadístico.

Ecuación 1. Tamaño de la muestra

$$n = t_{\frac{\alpha}{2}, n_{p-1}} * \frac{\sigma p^2}{e}$$

En la Ecuación 1, $\sigma_p{}^2$ representa la varianza, *e* representa el error de muestreo y *t* corresponde a un valor de la distribución de T, de acuerdo con la confiabilidad considerada. Se tuvieron en cuenta nueve escenarios de muestreo, en función del error de la muestra y el nivel de confiabilidad *a*. La variable a partir de la cual se realizó el cálculo fue el tiempo total promedio del ciclo básico.

A partir del tamaño de la muestra se realizó la captura de datos de tiempo para el ciclo básico de trabajo, mediante el método de cronometraje por tiempo continuo, hasta completar el número de registros requeridos. Se definió como medida de tendencia central a la mediana, con el fin de ser consecuente con la distribución asimétrica de los datos. Adicionalmente, se registró el número de diagonales recorridas por la máquina hasta encontrar un racimo y el número de racimos alzados en cada detención. Se registró el tiempo asociado a elementos extraños, esto es, acciones que no hacen parte del ciclo básico de trabajo y que generan demoras.

También se registró el tiempo de ejecución de los macromovimientos por cronometraje continuo. Para los elementos de desplazamiento, se estimó un tiempo ponderado a través de un análisis de redes en el cual se utilizó el programa ArcMap v. 10,3, se acató el procedimiento diseñado por ESRI (2008) y se consideró la velocidad promedio para cada tipo de desplazamiento y la distancia a recorrer, en función de la ubicación de acopios, lotes y estacionamiento de la máquina. La metodología de análisis de redes se suele utilizar, entre otros, para estudios de logística, aprovechando las características de las redes espaciales, como la relación entre grafos (nodos y segmentos) y sus propiedades topológicas (Sevtsuk y Mekonnen, 2012). La Figura 2 ilustra cómo se pueden establecer límites espaciales a un rango de tiempo de desplazamiento definido (td_i), a partir de la longitud (l) y la velocidad de desplazamiento (v) de cada tramo analizado, con respecto a un punto de origen: para un rango de tiempo definido,

corresponderá un rango de distancia a recorrer de acuerdo con la velocidad de transporte. La distancia recorrida por movimiento fue medida utilizando un GPS Garmin Etrex 10, en modo Track, capturando una coordenada cada dos segundos. Para el análisis, se establecieron rangos de tiempo en minutos de uno, cinco y múltiplos de cinco (hasta cuarenta).

Por otro lado, se hizo la calificación de los suplementos de tiempo identificados, de acuerdo con lo recomendado por Niebel y Freivalds (2009) y Estellés *et al.* (2013). Un suplemento de tiempo es un porcentaje de tiempo adicional al normal, que se asigna para compensar la fatiga de un trabajador o una máquina, y que depende de la naturaleza de la labor realizada. El suplemento de temperatura se estimó con base en el valor de la temperatura global de bulbo húmedo (TGBH), la cual fue medida utilizando un termómetro de estrés térmico HT30. Las mediciones se realizaron en intervalos de dos horas, en los pies, los hombros y la cabeza del operario.

El rendimiento estándar se obtuvo considerando la cantidad de racimos alzados en función del tiempo estándar de trabajo para el ciclo básico, durante una jornada laboral definida de 10 horas. Para ello, en primer lugar, se estimó el tiempo efectivo de trabajo, restando el tiempo total de elementos extraños al tiempo observado para cada elemento del ciclo de trabajo medido.

Es importante resaltar que para el cálculo del tiempo normal se aplicó un factor de acuerdo con la calificación de la labor. Por ejemplo, dado que el propósito de realizar el alce de racimos mediante el uso del grabber es evacuar todos los que están cortados y disponibles, se definió el valor del desempeño en función de la proporción de racimos olvidados o no alzados. Este desempeño se calculó dividiendo el número de racimos alzados por el grabber entre el número total de racimos que debían ser llevados al acopio (en cada parada). En consecuencia, si todos los racimos disponibles en una parada fueron recogidos por el grabber, se asignó una calificación del desempeño del 100 %.

Finalmente, el tiempo estándar se estimó con base en el tiempo normal de trabajo y el porcentaje de suplementos totales, como se resume en la Tabla 1. Para calcular el tiempo estándar total de los macromovimientos, se tuvieron en cuenta las frecuencias diarias registradas para cada uno.

Figura 2. Metodología de análisis de redes (adaptado de ESRI, 2008)

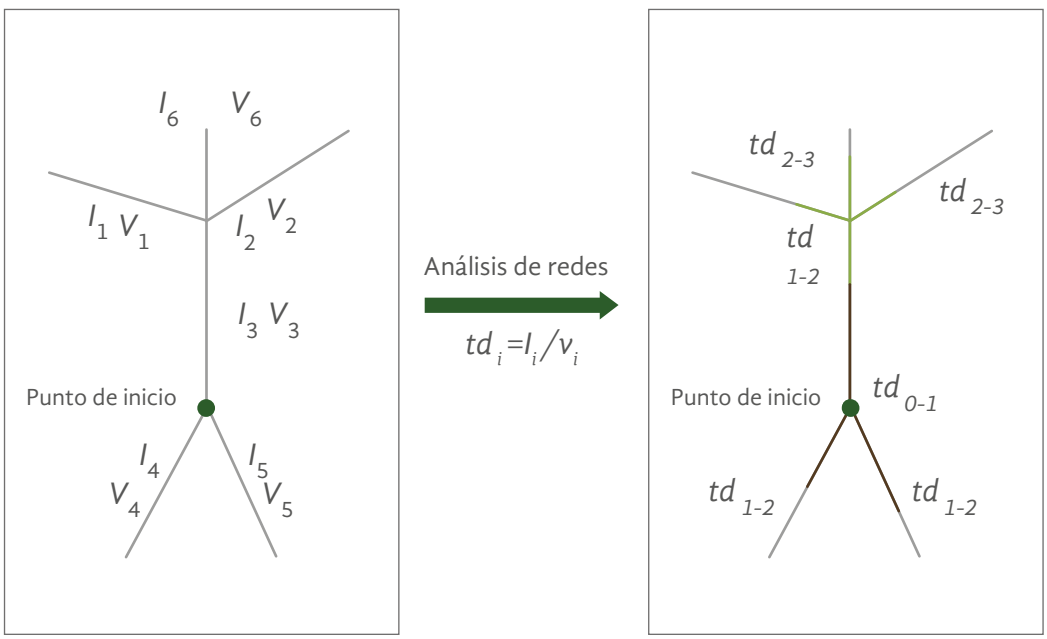


Tabla 1. Ecuaciones para el cálculo de tiempos.

Parámetro	Ecuación	Variables
Tiempo normal	$TN_i = TO_i - TM_i * \left(\frac{C_i}{100}\right)$	TO = Tiempo observado del elemento TM = Tiempo muerto del elemento C = Calificación del desempeño del elemento observado
Tiempo estándar	$TS = \overline{TN} * (1 + Ss)$	TS = Tiempo estándar Ss = Porcentaje de suplementos de tiempo
Rendimiento estándar	$RE = \frac{(Ts)}{t} * P$	Ts = Tiempo estándar de llenado de zorro (h/día) t = Tiempo estándar de alce (h/racimo) P = Peso promedio de racimo (t/racimo)

Análisis económico

El análisis de costo-beneficio se llevó a cabo considerando precios corrientes de 2018. Se estimaron los costos fijo y variable asociados al uso de la máquina. El costo fijo se estimó calculando el valor de la depreciación del sistema de alce, para un periodo de tiempo conforme a la vida útil de cada elemento del sistema, utilizando el método de línea recta y aplicando un valor de salvamento del 10 %. La vida útil se definió en 15, 8 y 5 años para el tractor, el grabber y el zorro, respectivamente. Asimismo, se consideró un costo financiero para la compra de maquinaria bajo las condiciones del Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro) para un productor de gran escala, con amortización a 8 años. El costo variable de la maquinaria involucrada en la operación de alce se estimó a partir del registro de consumo de combustible, repuestos y mantenimiento, suministrado por la plantación. Parte de los costos variables corresponden a la mano de obra directa e indirecta que participa en la labor de alce. Con los elementos anteriormente descritos se procedió a estimar el costo por tonelada de fruta, es decir, el costo unitario. Esta estimación se llevó a cabo para cada día y corresponde al costo en pesos por las toneladas alzadas en la jornada.

Resultados

Diagnóstico operativo

El diagnóstico operativo fue realizado en dos momentos. El primero corresponde a una época de alta producción (pico alto de cosecha) cuya densidad de racimos, durante la realización de este estudio, fue del 67 % (es decir, 67 racimos por cada 100 palmas). El segundo escenario corresponde a una época de baja producción (pico bajo de cosecha) con una densidad de racimos estimada del 21 %. El diagrama de procesos en ambos escenarios mantuvo los mismos elementos. Naturalmente, la frecuencia de algunos procesos cambió entre escenarios.

La Figura 3 ilustra los procesos que hacen parte de la operación de alce de racimos con el grabber. Nótese que en la operación de la máquina son frecuentes los elementos de desplazamiento desde, al interior y hacia los lotes. Resaltado en verde, se encuentran las dos operaciones que más se repiten a lo largo del día, es decir, lo que denominamos metodológicamente como el ciclo básico de trabajo.

Estudio de tiempos

A partir de los procesos identificados en la descripción operativa de la labor, se procedió a tomar los tiempos correspondientes de cada uno de estos y a estimar los suplementos de tiempo.

La Tabla 3 muestra los tiempos estándar promedio de las operaciones involucradas en el alce mediante el sistema con grabber. El tiempo promedio de los procesos se comportó de manera similar en los dos escenarios estudiados (p. ej. alta y baja densidad de racimos). Sin embargo, en lo que concierne al tiempo de desplazamiento desde y hacia los lotes, la velocidad de operación de la máquina no fue constante y pudo no

estar condicionada por la productividad de los lotes, sino por aspectos como el estado de las vías, el peso de la carga transportada o el criterio del operario. Finalmente, el tiempo de desplazamiento hacia los acopios fue menor que el tiempo de desplazamiento hacia los lotes debido a que el zorro se encontraba cargado y el operario debía conducir la máquina más lentamente para evitar la caída de racimos.

El valor total estimado para los suplementos de tiempo fue de 36,3 % y 37,3 % para los picos alto y bajo, respectivamente. En general, para toda la labor, se aplicaron suplementos constantes y por fatiga debido al calor. Solo para el ciclo básico de trabajo se aplicaron, además, los suplementos de tedio, ruido y estrés por presentarse con mayor intensidad en esta fase de la labor. Cabe resaltar que los elementos de alistamiento, abastecimiento y parqueo no tienen aplicación de suplementos, ya que su tiempo se considera como parte de la preparación del sistema de alce y, por lo tanto, se tomaron como suplementos adicionales aplicados a la máquina.

Respecto a la fatiga por calor, si bien las temperaturas máximas promedio presentaron una diferencia de 0,35 °C entre las dos épocas, se observó que un incremento leve tuvo una repercusión importante sobre el valor del suplemento y, por ende, en el rendimiento del operario.

Figura 3. Diagrama de proceso de la labor de alce mecánico de racimos

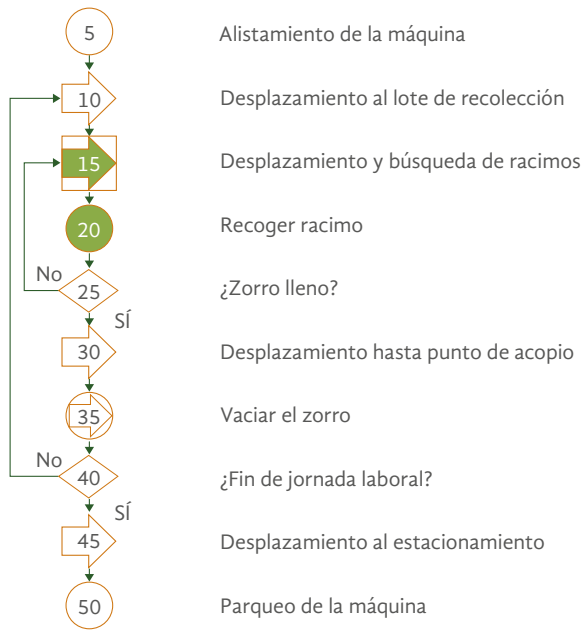


Tabla 2. Suplementos de tiempo aplicados.

Fatiga por calor	Tedio	Ruido	Estrés	Suplementos constantes
Temperatura media máxima (°C): **Alta producción** 31,7 **Baja producción** 32,1 *Suplemento por temperatura* **Alta producción** 16,4 % **Baja producción** 20,3 %	**Alta producción** 5 % **Baja producción** 2 %	2 %	4 %	Necesidades personales 5 % Fatiga básica 4 %

Tabla 3. Tiempos medios estándar de los elementos del proceso.

Elemento	Alta producción			Baja producción		
	Frecuencia (veces/día)	Suplemento (%)	Tiempo estándar (min./vez)	Frecuencia (veces/día)	Suplemento (%)	Tiempo estándar (min./vez)
Alistamiento, abastecimiento y parqueo de la máquina	1	--	11,5	1	--	7,1
Desplazamiento inicial a lotes	1	27	18	1	31	20,2
Desplazamientos a lotes desde acopios	14	27	3,53	11	31	3,44
Llenado de zorro	15	36		12	37	
Desplazamiento	--		12,3*	--		13,8*
Alce	--		6,8*	--		8,2*
Ciclo básico	--		19,1*	--		27,2*
Desplazamiento a acopio	15	27	4,27	12	31	3,38
Vaciado de zorro	15	27	1,77	12	31	1,82
Desplazamiento a estacionamiento	1	27	18	1	31	20,2

* Tiempo en segundos por racimo

En una jornada laboral de 10 horas que iniciaba sobre las 6 a. m., el rendimiento estándar del sistema era de 30,5 t/día-máquina y 20,3 t/día-máquina para las épocas de alta y baja producción respectivamente, considerando un peso medio de racimo correspondiente de 25,7 y 22,4 kg/racimo. El rendimiento en área, aunque variaba de acuerdo con la distribución espacial y temporal de los racimos, se estimó en 31 ha/día y 12,7 ha/día en pico bajo y alto, respectivamente. La proporción de tiempos ilustrada en la Figura 4 indica que más del 60 % del tiempo de la jornada laboral se aprovechaba para evacuar los racimos de los lotes cosechados en el día, entre un 22 % y un 30 % se invertía en desplazamientos lote-acopio-lote, lote-estacionamiento-lote y el descargue en acopios, y entre un 7 % y 11 % del tiempo se destinaba para tomar el almuerzo, realizar el parqueo y la preparación de la máquina.

Por otro lado, el estudio de tiempos mostró que la duración de las operaciones que hacen parte del ciclo básico de trabajo estuvo influenciada por la densidad de cosecha de los lotes. Respecto al tiempo de desplazamiento y búsqueda de racimos, este disminuyó con el incremento de la densidad de racimos, es decir, la productividad de los lotes. Esto se debe a que la cantidad de racimos a recolectar en los lotes no era constante a lo largo del año y su número estaba ligado a diferentes factores como el clima, la eficiencia de la polinización, la eficiencia de la fertilización y la madurez de los racimos (Woittiez *et al.*, 2017).

En efecto, la Figura 5 ilustra que tomó más tiempo desplazarse dentro del lote en pico bajo de cosecha porque las distancias para encontrar al menos un racimo eran más largas que aquellas registradas durante el pico alto de cosecha, ya que los racimos se encontraban más dispersos espacialmente y, como el tractor se desplazaba calle por calle, se demoraba más en alcanzar el siguiente racimo. Por ejemplo, en época de baja producción el tractor podía visitar hasta 82 palmas sin encontrar racimos por recoger. De otra parte, el tiempo de alce de racimos con el grabber en la época de alta producción fue mayor en 10,2 % con respecto al tiempo en la época de baja densidad de cosecha, ya

que era más frecuente encontrar dos o más racimos por palma, lo que hacía que el operario se demorara más tiempo en alzarlos todos. De igual manera, las distancias máximas recorridas para encontrar un racimo se redujeron en la época de alta producción, al haber una mayor disponibilidad de estos.

Por esto, el grabber puede ser más eficiente cuando haya una mayor cantidad de racimos en los lotes. Para ello, es recomendable la implementación de las mejores prácticas agrícolas en materia de fertilización, riego, aplicación de residuos orgánicos y manejo fitosanitario (Ruiz *et al.*, 2015). En relación con lo anterior, el aumento del rendimiento puede manifestarse tanto en el número de racimos por palma, como en su peso promedio (Erales, 2016). Frente a esto, se debe considerar que el grabber puede ser menos rentable cuando se disponen de pocos racimos con pesos pequeños, ya que el tiempo de llenado del zorro es mayor, en cuyo caso se podrían agrupar en montículos, además de ajustar la logística de la cadena de labores de la cosecha.

Figura 4. Distribución de la jornada laboral según la época de producción

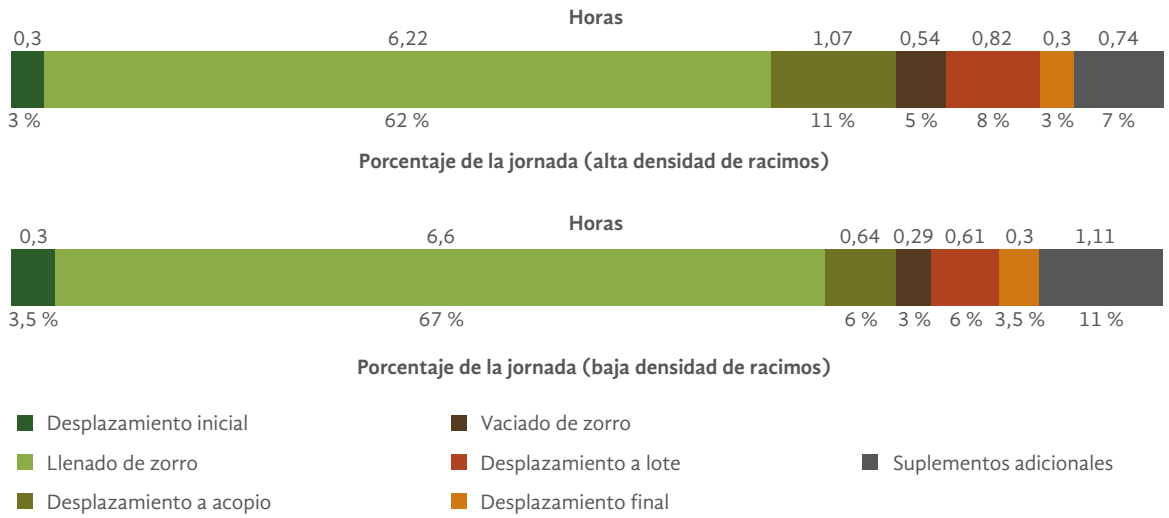
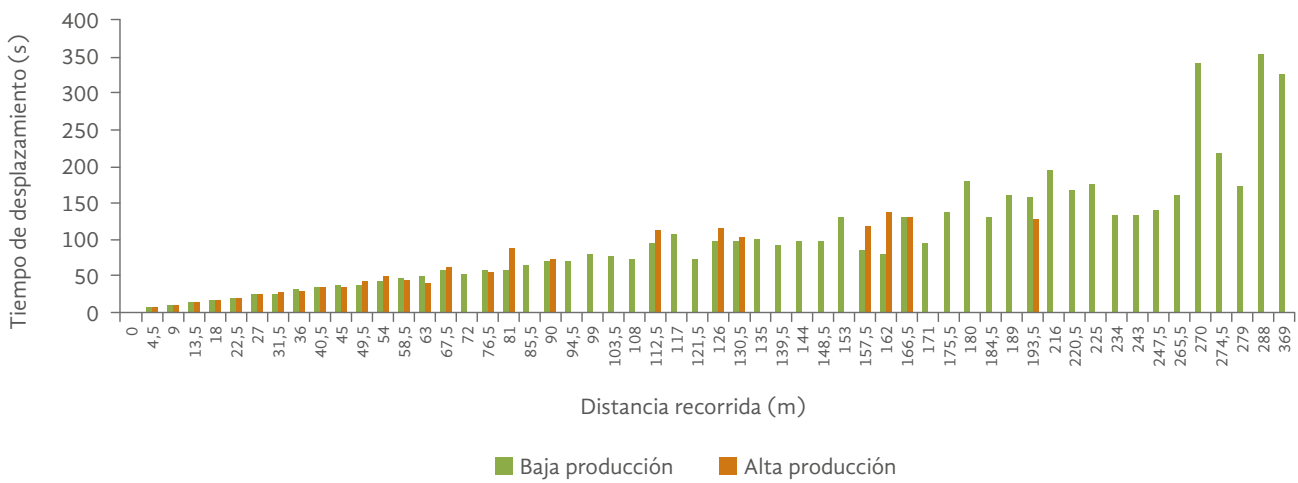


Figura 5. Relación entre distancias y tiempos de desplazamiento



Respecto a los rendimientos, los estimados en el presente estudio tienen cercanía con lo reportado por Shuib *et al.* (2010) quienes estimaron un rendimiento de 18,5 t/día. Asimismo, Prebian y Yahya (2013) encontraron rendimientos de 20,1 t/día, considerando una operación de la máquina en terrenos ondulados. Estos valores son superiores al rendimiento reportado por Hitam *et al.* (1994) de 14 t/día para el primer prototipo de grabber. Por su parte, en Colombia, Sierra y Alfonso (2010) estimaron rendimientos de 2,4 t/h en condiciones similares a las del presente estudio, equivalentes a 21,6 t/día considerando la misma duración de la jornada laboral.

Análisis de costos

La Tabla 4 sintetiza los resultados de la estimación de costos para las dos épocas de densidad de cosecha estudiadas. Naturalmente, el costo de la depreciación de los equipos no cambia entre las dos épocas. El costo variable presentó un mayor valor en la época de alta producción como consecuencia de tener un mayor número de desplazamientos al acopio (mayor consumo de combustible). Para la estimación del costo de la mano de obra se tuvieron en cuenta los operarios que conformaban las cuadrillas de trabajo en la cosecha: corteros y alistadores o encalladores de racimos. No se consideró el costo de la recolección del fruto suelto por ser una actividad independiente del alce para la plantación. Así las cosas, el costo de mano de obra fue un 45,5 % mayor durante el pico alto de cosecha, a causa de la conformación de las cuadrillas, puesto que esta condición requería de mayor personal para poder garantizar el rendimiento estimado del grabber (Tabla 4). Cabe resaltar que los rendimientos laborales de los operarios de cosecha fueron mayores en la época de alta producción de racimos, de acuerdo con los registros de la plantación.

El consumo de combustible por hora se estimó a partir del promedio mensual para el año 2018. De acuerdo con los registros de consumo de combustible entregados por la plantación, un grabber puede gastar entre 0,44 y 0,57 galones de ACPM. El consumo promedio de combustible fue de 0,49 ± 0,04 gal/h. Sin embargo, la diferencia en el costo diario entre las dos épocas de producción radicó en el hecho de que, durante el pico alto de cosecha, el grabber estuvo más tiempo en funcionamiento (Figura 4).

Entre los materiales para la operación se destacan los repuestos, los lubricantes y los filtros, los cuales son reemplazados con una periodicidad establecida en el plan de mantenimiento, de acuerdo con las horas de trabajo del tractor. Los repuestos (mangueras del sistema hidráulico y llantas) representan el 76 % del costo de los materiales.

La mano de obra representa uno de los mayores costos operativos del sistema, puesto que demanda un operario directo y tres indirectos, sin considerar el personal encargado de planear y supervisar el alce de fruto con grabber.

En lo que concierne al personal de mantenimiento se estimó una participación del 6,94 % en el tiempo de operación anual del sistema, ya que solo requiere dos días (cada 45 días aproximadamente), en los cuales se ejecuta el plan de mantenimiento. Sin embargo, solo el operario de esta labor dedica la totalidad de su jornada a realizar el mantenimiento del grabber, a diferencia del auxiliar y el soldador, quienes deben distribuir su tiempo en atender también a otras máquinas. Entre los tres operarios, se estimó un costo de mano de obra indirecta de $ 1.391.595 al año.

El costo de cada tonelada evacuada no depende únicamente del alce, sino que requiere del esfuerzo de corteros y encalladores. La participación de las labores de corte y encallado se ve reflejada en la proporción del costo total correspondiente a la mano de obra. Al relacionar el rendimiento de toda la cadena de cosecha utilizando para el alce el sistema con grabber se concluye que esta tiene un costo de $ 24.263/t RFF en época de alta densidad de cosecha y de $ 27.083/t RFF en épocas de baja densidad de la cosecha (Figura 6).

Adicionalmente, el grabber tiene un mayor impacto cuando se trabaja con palmas adultas, las cuales presentan un mayor peso de racimo (Ruiz *et al.,* 2015), también generan menos daños sobre las piezas del grabber y menores riesgos al trabajador debidos a los golpes de las hojas.

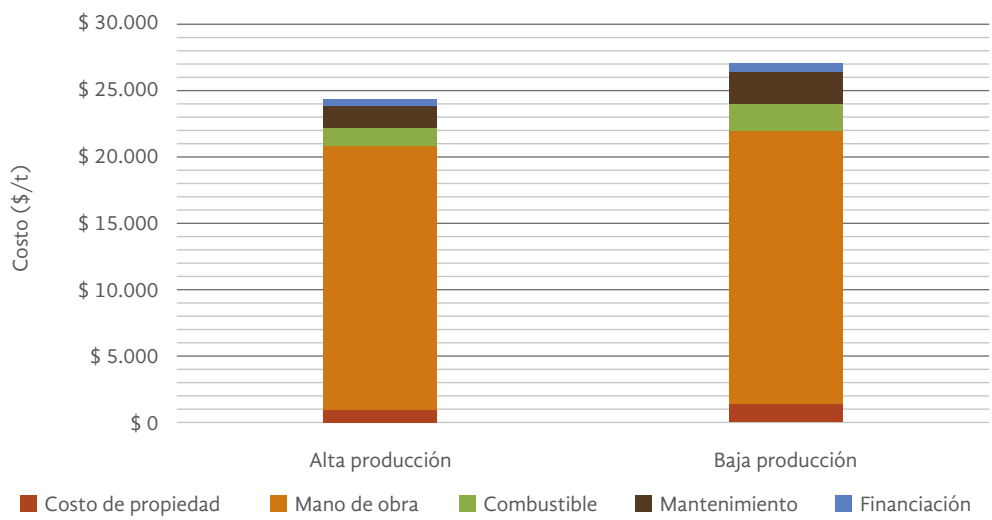
Por otro lado, el beneficio que puede aportar el grabber depende también de la capacitación, el avance en la curva de aprendizaje del trabajador y del bienestar

en el trabajo (Nawi *et al.*, 2013). Alcanzar un nivel suficiente de desempeño requiere de un tiempo de entrenamiento que depende de la competencia y compromiso que tenga el operario, así como de la edad, el conocimiento previo y el talento (Chango y Zambrano, 2018). Por lo tanto, es recomendable vincular a operarios que tengan alguna destreza o experiencia previa en el manejo de maquinaria agrícola.

Tabla 4. Costo diario de dos sistemas de alce en función de la producción

	Alta producción		Baja producción	
	Cantidad	Costo ($/día)	Cantidad	Costo ($/día)
Costos fijos		**$28.891**		**$ 28.891**
Tractor y zorro	1	$23.188	1	$ 23.188
Grabber	1	$ 5.703	1	$ 5.703
Costos variables		**$94.269**		**$ 92.534**
Mantenimiento	--	$ 4.832	--	$ 4.832
Materiales	--	$49.108	--	$ 49.108
Combustible	--	$40.329	--	$ 38.595
Costo financiero		**$14.597**		**$ 14.597**
Costo mano de obra		**$ 602.263**		**$ 413.763**
Cortero	7	$ 358.498	7	$ 253.654
Encallador	4	$ 185.688	3	$ 102.032
Conductor	1	$58.077	1	$ 58.077

Figura 6. Costo por tonelada según época de producción



Conclusiones

El rendimiento del sistema en términos de área cubierta es determinado por la productividad de los lotes, lo cual a su vez influye en la planificación de la labor de cosecha. Con respecto a esto último, se puede conocer el número de días en que un equipo de alce puede recorrer un área determinada, por ejemplo, la totalidad de la plantación. De igual manera, se puede conocer el número de grabbers que se requieren para evacuar toda la producción de acuerdo con el ciclo de cosecha.

El alce mecanizado puede alcanzar un mayor beneficio económico cuando se cuenta con lotes altamente productivos en términos de toneladas por hectárea y con ciclos de cosecha ajustados, minimizando la cantidad de fruto suelto a recoger.

Por otro lado, es importante resaltar que el grabber fue diseñado bajo un criterio de rentabilidad sin tener en cuenta la ergonomía del trabajador, por lo que en algún momento se observó prevalencia de enfermedades profesionales relacionadas con afectaciones osteomusculares de la región del torso, cuello y hombros, según lo manifestado por Yusuff *et al.* (2007). No obstante, las mejoras en el diseño de la máquina han permitido disminuir el impacto de ese factor de riesgo sobre la salud del operario. En el caso del presente estudio, se pudo observar que el cambio en la posición del mando del sistema hacia la parte anterior del tractor realizado por la empresa, así como el uso de espejos, han permitido disminuir la fatiga causada por el tedio y puede considerarse como uno de los factores de éxito en el incremento de la eficiencia de la labor de alce. En este orden de ideas, la mecanización tiene un beneficio indirecto en lo que concierne a la disminución del ausentismo laboral. Sin embargo, es necesario conocer con más profundidad el impacto de la máquina en la salud ocupacional de los trabajadores.

Aunque la operatividad del grabber está condicionada por algunos factores inmediatos como el rendimiento del cultivo y la logística de las labores de cosecha, existen otros factores inherentes a los lotes como la edad de la palma, la productividad del cultivar, el drenaje, la densidad de canales, el tipo de suelo, la posible compactación del suelo y el estado de las vías internas, que pueden influir en el rendimiento del sistema y merecen atención en futuras investigaciones. Finalmente, es importante destacar que no todos los suelos cumplen con los criterios para ser mecanizables, por lo que el uso de esta tecnología estaría limitado por esas condiciones.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, por la financiación de este estudio y a la Gerencia de Inparme S. A. S. por permitir la colaboración de su personal y facilitar recursos humanos y financieros para la ejecución de este estudio.

Bibliografía

Cenipalma & Fedepalma. (2013). *Guía sobre el aceite de palma y sus aplicaciones*.

Chango, M. & Zambrano, I. (2018). *Las curvas de aprendizaje. Factor de éxito de la medición del desempeño laboral en la gestión*. Editorial Andrade Aguirre. Recuperado de www.repositorio.espe.edu.ec.

Erales, R. (2016). *La palma*. Boletín técnico. Grepalma. Recuperado de https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2018/09/boletin-5-La-Palma.pdf

Estellés, S., Palmer, M., Albarracín, J. & Romano, C. A. (2013). Una revisión de las Tablas de Suplementos de la Organización Internacional del Trabajo. *Dirección y Organización*, *49*, 64-72.

ESRI. (2008). ArGIS Network Analyst Tutorial.

Fedepalma. (2018). *Anuario Estadístico 2017. Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia 2012-2016*. Bogotá. Fedepalma.

Gómez-Parada, É. & González-Sarmiento, G. (2015). Comportamiento del aceite de palma de Colombia en los principales mercados de exportación. *Revista Lebret*, (7), 283-305.

Hitam, A., Shuib, A. & Jalani, B. (1994). Cargador mecánico de racimos de palma de aceite-El Grabber. *Palmas, 15*(19), 45-48. Recuperado de https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/422/422

Ibarra, M., González, L. & Demuner, M. de R. (2017). Competitividad empresarial de las pequeñas y medianas empresas manufactureras de Baja California. *Estudios Fronterizos*, *18*(35), 107-130. doi: 10.21670/ref.2017.35.a06

Islam, D. M. S. (2010). Farm mechanisation for sustainable agriculture in Bangladesh: Problems and prospects. 5th Technical Committee of United Nations Asian and Pacific Centre For Agricultural Engineering And Machinery. Los Baños, Philippines. Recuperado de http://www.un-csam.org/activities files/a09105thtc/ppt/bd-doc.pdf

Mosquera, M., López, D. Ruiz, E., Valderrama, M. & Castro, L. (2019a). Mano de obra en cultivos de palma aceitera de Colombia: participación en el costo de producción y demanda. *Palmas*, *40*(1), 46-54.

Mosquera, M., Ruiz, E., Castro, L., López, D. & Munévar, D. (2019b). Estimación del costo de producción para productores de palma de aceite de Colombia que han adoptado buenas prácticas agrícolas. *Palmas*, *40*(2), 3-15.

Nawi, N., Deros, B. & Nordin, N. (2013). Assessment of Oil Palm Fresh Fruit Bunches Harvesters Working Postures Using Reba. *Advanced Engineering Forum,* 10, 122-127. doi: 10.4028/www.scientific.net/AEF.10.122

Niebel, B. & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo.* México: Duodécima, McGraw-Hill.

Ortiz-Martínez, G., Palacios-Rangel, M. & Cervantes-Escoto, F. (2016). La mecanización agrícola. *5to Congreso Nacional de Ciencias Sociales*. doi: 10.13140/RG.2.1.5030.6968

Pebrian, D. & Yahya, A. (2013). Mechanized System for in-Field Oil Palm Fresh Fruit Bunches Collection-Transportation. *Ama, Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America, 44*, 7-14.

Rincón, S. M. & Martínez, D. M. (2009). Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. *Palmas*, *30*(2), 11-24.

Ruiz, E., Fontanilla, C., Mesa, E., Mosquera, M., Molina, D. & Rincón, A. (2015). Prácticas de manejo y costos de producción de palma de aceite híbrido OxG en plantaciones de la Zona Oriental y Suroccidental de Colombia. *Revista Palmas*, *36*(4), 1-19.

Sánchez, A., Fontanilla, C. & Mosquera M. (2010). Métodos para el desarrollo de estudios de tiempos y movimientos para labores de cultivo en palma de aceite: cosecha. En Fedepalma (Ed.). *Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía de facilitadores*. Bogotá: Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.

Sevtsuk, A. & Mekonnen, M. (2012). Urban network analysis. A new toolbox for ArcGIS. *Revue internationale de géomatique, 22(*2), 287-305.

Shuib, A., Mohd, R. & Mohd, S. (2010). Enhancing Field Mechanization in Oil Palm Management. *Oil Palm Bulletin*, *61(November),* 1-10. Recuperado de http://palmoilis.mpob.gov.my/publications/OPB/opb61-Rahim.pdf

Sierra, M. & Alfonso, O. (2010). Alce mecánico de racimos de palma de aceite en la Zona Oriental de Colombia. *Palmas, 31*(4), 60-67.

USDA. (2019). *Major Vegetable Oils: World Supply and Distribution (Commodity View)*. Recuperado (21 de abril de 2019) de https://www.researchgate.net/figure/Major-Vegetable-Oils-World-Supply-and-Distribution-Commodity-View_tbl3_271738773

Woittiez, L., van Wijk, M., Slingerland, M., van Noordwijk, M. & Giller, K. (2017). Yield Gaps in Oil Palm: A Quantitative Review of Contributing Factors. *European Journal of Agronomy*, *83,* 57-77. doi: 10.1016/j.eja.2016.11.002

Yusuff, M., Doi, M., Khalid, M., Chia, Y. & Muslim, M. (2007). Work posture risk analysis of mechanical loader operators in oil palm plantations. Proceedings of Agriculture Ergonomics Develpoment Conference, (January 2017), 118-123. Recuperado de http://agris.upm.edu.my:8080/dspace/handle/0/8027

Respuesta fisiológica de la palma de aceite a la aplicación de herbicidas al plato*

Physiological Response of Oil Palm to Circle-Weeding Sprayed with Herbicides

Citación: Rivera-M, Y. D., Ayala, I. M. & Romero, H. M. (2020). Respuesta fisiológica de la palma de aceite a la aplicación de herbicidas al plato. *Palmas, 41*(2), 27-37.

Palabras clave: control químico, maleza, manejo integrado, producción sostenible, residualidad.

Keywords: Chemical control, weeds, integrated management, sustainable production, residuality.

* Artículo de investigación e innovación científica y tecnológica.

Recibido: abril de 2020.
Aprobado: mayo de 2020.

Rivera M. Yurany D.
Investigador Asociado
Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma de Cenipalma

Ayala Iván M.
Líder de Fitomejoramiento
Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma de Cenipalma

Romero Hernán M.
Director de Investigación
Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma de Cenipalma
Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia
hromero@cenipalma.org

Resumen

Las malezas son plantas pioneras de la sucesión secundaria que interfieren con el desarrollo y producción de los cultivos porque compiten con ellos por agua, luz y nutrimentos. En el cultivo de palma de aceite, el control de malezas se lleva a cabo en las interlíneas, bordes de lotes, canales o platos, empleando métodos físicos (machete o guadaña) o químicos (herbicidas). Existen pocos reportes acerca de las consecuencias causadas por el plateo químico sobre el desarrollo de la planta y el cultivo, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de ingredientes activos de herbicidas en el plato sobre la fisiología de palmas en edad productiva. Durante un año, se evaluó el efecto de cuatro aplicaciones de los herbicidas: glufosinato de amonio, ametrina, haloxifop, indaziflam, metsulfuron, fluazifop, fluroxipyr y glifosato, a los platos del híbrido interespecífico OxG (Brasil x Djongo), sembrado en Paratebueno, Cundinamarca. Seis y doce

meses después de la primera aplicación, se registraron los valores de intercambio gaseoso, crecimiento vegetativo y reproductivo. Las variables fisiológicas no presentaron diferencias significativas por efecto de la aplicación de herbicidas al plato, de modo que su uso responsable podría considerarse dentro del manejo integrado de malezas.

Abstract

Weeds are pioneer plants of secondary succession that affect the crop development and production by competing for water, light and nutrients. In oil palm crops, weed control is carried out between rows, plot borders, ditches, and circles around the palm trunks, using physical (machetes or scythe) or chemical (herbicides) methods. There are few reports about the effects of circle-weeding of palm circles with chemicals on the development of the plant and the crop; therefore, the objective of this study was to determine the effect of circle-weeding with active ingredients of herbicides on the physiology of oil palms in productive age. The effect of four herbicide applications during one year was evaluated: glufosinate ammonium, ametryn, haloxyfop, indaziflam, metsulfuron, fluazifop, fluroxypyr and glyphosate, applied on a circular area around OxG interspecific hybrid oil palms (Brasil x Djongo) planted in Paratebueno, Cundinamarca. Six and twelve months after the first application, the values of gas exchange, vegetative and reproductive growth were recorded. The physiological variables did not show significant differences due to the application of herbicides around the plant. Therefore, the responsible use of herbicides could be considered within an integrated weed management program.

Introducción

La expresión 'mala hierba' o el término 'maleza' suele definirse antropocéntricamente como planta que crece fuera de tiempo y lugar, invadiendo los cultivos o interfiriendo con los objetivos o necesidades humanas, y que resulta difícil de extirpar (SEMh, 2007). No obstante, desde el punto de vista biológico y ecológico son plantas pioneras de la sucesión secundaria; anuales o perennes, rastreras, erectas o enredaderas según su hábito de crecimiento; pteridófitas o de hoja angosta (gramíneas y ciperáceas) o de hoja ancha (dicotiledóneas) según el tipo de hoja; y espontáneas y persistentes en hábitats continuamente alterados por el hombre; que se deben controlar (Cantuca *et al*., 2001; Labrada *et al*., 1996), ya que dificultan la realización de labores culturales y de cosecha, compiten con los cultivos por agua, luz y nutrimentos, y reducen la calidad de las cosechas (Ruiz y Molina, 2014).

En el cultivo de palma de aceite, las malezas son plantas que pueden ser hospederas de plagas o que interfieren con el desarrollo de las palmas, por lo que se hace necesario controlarlas dentro de las áreas de la plantación. Específicamente, el control de malezas en el plato o área circular alrededor del estípite de 2,5-3 m de radio es una práctica generalizada en las plantaciones y se realiza para evitar la competencia por agua, luz y nutrimentos, facilitar la cosecha de los racimos, el riego, la aplicación de fertilizantes, la recolección de frutos sueltos y la ejecución de labores sanitarias (Corley y Tinker, 2015).

Para el plateo, existen principalmente dos tipos de control, el físico o el químico (Ruiz y Molina, 2014). El primero emplea herramientas como un machete (plateo manual) o una guadaña (plateo mecánico), mientras que en el plateo químico se utiliza un herbicida que puede variar según su modo de translocación, selectividad, propiedades químicas y es aplicado sobre la superficie del plato de la palma sin afectar el estípite, evitando el contacto directo con las hojas (Pérez, 2014). Así, se aplican directamente al suelo o al follaje de la maleza herbicidas selectivos (eliminan o inhiben el crecimiento de algunas malezas –p. ej. gramíneas– sin afectar a otras –p. ej. dicotiledóneas–)

o de amplio espectro; de diferente solubilidad o formulación; sistémicos (se translocan por el xilema y el floema y actúan en una parte diferente a la que entran en contacto); de contacto (afectan únicamente la parte de la planta con la que entran en contacto); residuales (persisten en el suelo durante algún tiempo); y antes o después de la germinación de las semillas de las malezas (preemergencia y postemergencia respectivamente) (Ramos, 2004; SEMh, 2007).

A pesar del amplio uso del control químico en palma de aceite, sobre todo de herbicidas posemergentes (Labrada *et al*., 1996), existen pocos reportes acerca de las consecuencias directas causadas por el plateo químico sobre el desarrollo individual de la planta y como parte del cultivo (Keong, 1987; Khairudin y Teoh, 1988, 1992; Thomas *et al*., 1973), los cuales señalan específicamente que la respuesta del rendimiento al control químico de diferentes poblaciones de malezas es desconocida (Woittiez *et al*., 2017). Por lo anterior, no se buscó establecer las pérdidas productivas asociadas a la competencia que ejercen las malezas por agua, luz o nutrimentos en el plato de la palma de aceite ni la efectividad en el control de las malezas a través de herbicidas con diferentes modos de acción. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la aplicación de herbicidas en el plato sobre la fisiología de palmas del híbrido interespecífico OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) en edad productiva.

Metodología

Localización

El estudio se llevó a cabo entre marzo de 2016 y abril de 2017, en el Campo Experimental Palmar de las Corocoras (CEPC) ubicado en el municipio de Paratebueno (Cundinamarca) en la Zona Oriental que representa el 40 % del area total de siembra, bajo una temperatura media de 26 °C, 2.800 mm de precipitación anual, 80 % de humedad relativa y 2.479 horas anuales de brillo solar.

Condiciones experimentales

Se evaluó durante un año la aplicación de diferentes ingredientes activos con efecto herbicida (de ahora en adelante llamados herbicidas), ampliamente usados en edad productiva para el control de malezas en el plato de cultivares comerciales de *E. guineensis* y del híbrido interespecífico OxG, como el glufosinato de amonio, ametrina, haloxifop, indaziflam, metsulfurón, fluazifop, fluroxipyr y glifosato (Tabla 1), en un lote de cuatro años de siembra con el híbrido interespecífico OxG (Brasil x Djongo). El estudio se estableció bajo un diseño experimental completamente aleatorio (DCA) con diez tratamientos (T1-T10) correspondientes a ocho herbicidas con aplicaciones únicamente al plato (T1-T8), el herbicida fluroxipyr no solo se aplicó al plato (T8) sino que en otro tratamiento se aplicó a este y al estípite (T9, P+E), y un testigo sin aplicación (T10), con diez repeticiones, donde la unidad experimental estuvo constituida por una palma.

Durante el año del experimento se efectuaron cuatro aplicaciones de herbicidas en los platos, la primera al inicio y las siguientes tres distanciadas cada cuatro meses, siguiendo estas consideraciones técnicas: (i) la aspersión con bomba de espalda se realizó en la mañana sin vientos fuertes o lluvias, y se dirigió en banda sobre malezas con dos a cinco hojas verdaderas o en proceso de rebrote (nunca de más de 40 cm de altura o florecidas); (ii) el equipo se calibró en cada aplicación para cubrir un área de aproximadamente 28 m^2 (3 m de radio) que incluyó debajo de las hojas más bajeras de las palmas sin derivar la solución hacia los estípites u hojas de estas, con excepción del tratamiento número 9 (fluroxipyr aplicado tanto al plato como al estípite); (iii) se utilizó agua con un pH entre 5,5 y 6,5 para preparar los herbicidas; (iv) se empleó la dosis más alta del herbicida recomendada por el fabricante para el cultivo de palma de aceite: glufosinato de amonio (4 L/ha), ametrina (3 L/ha), haloxifop (0,8 L/ha), indaziflam (0,12 L/ha), glifosato (3 L/ha), metsulfuron (1,5 L/ha), fluazifop (6 L/ha) y fluroxipyr (15 g/ha).

Variables de respuesta

Seis meses después de la primera aplicación (mda) se registraron los valores de intercambio gaseoso (fotosíntesis, transpiración y uso eficiente del agua), así como el crecimiento vegetativo (emisión foliar, longitud, área y peso seco de la hoja 17) y los estimativos de producción (número de estructuras reproductivas y relación de sexos); estos dos últimos grupos de variables también se evaluaron 12 mda.

El intercambio gaseoso en términos de tasa de fotosíntesis, transpiración y uso eficiente del agua (UEA) asociado a fotosíntesis fue medido con el analizador de gases al infrarrojo (IRGA) LI-6400 (LI-COR Inc. USA) en condiciones de exposición solar plena (8:30 a. m.-11:30 a. m.), evaluando el sector central de 3 foliolos de la parte media de la hoja número 17 (3 foliolos/palma). En cuanto al crecimiento vegetativo, la emisión foliar relacionó el cociente entre la cantidad de nuevas hojas formadas a partir de la hoja 1 y el tiempo en que fueron producidas (un año), la longitud de la hoja fue la suma de la longitud del raquis y del peciolo desde el punto de inserción al estípite, y el área y peso seco foliar (AFH_{17}, PSH_{17}, respectivamente) se estimaron siguiendo la metodología propuesta por Contreras *et al.* (1999). Asimismo, la relación de sexos correspondió al conteo de inflorescencias femeninas y racimos del total de estructuras reproductivas totalmente diferenciadas (inflorescencias femeninas o masculinas y racimos) (Ruiz, 2010).

Análisis estadístico

Los datos generados fueron sometidos a un análisis de varianza (Anava) y a una prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando el programa estadístico SAS® versión 9.1. (SAS Institute, Carolina del Norte, EE. UU).

Tabla 1. Características de los herbicidas empleados para el control de malezas en el plato de un cultivar híbrido OxG en el CEPC ([1]).

	T1. Fluazifop-p-butil	T2. Glufosinato de amonio	T3. Haloxifop metil	T4. Indaziflam
Grupo químico	Ariloxifenoxi propiónico	Ácido fosfónico	Ariloxifenoxi propiónico	Fluoroalquiltriazina
Translocación	Sistémico	De contacto	Sistémico	Sistémico
Selectividad	Gramíneas	No selectivo	Gramíneas	No selectivo
Época de aplicación	Posemergencia	Posemergencia	Posemergencia	Preemergencia
Formulación	Concentrado emulsionable	Concentrado soluble	Concentrado emulsionable	Suspensión concentrada
Toxicología	Medianamente tóxico, categoría 3	Ligeramente tóxico, categoría 4	Medianamente tóxico, categoría 3	Altamente tóxico, categoría 2
Mecanismo de acción	Inhibición de la síntesis de lípidos (acetil-Coenzima A carboxilasa)	Inhibición de la síntesis de glutamina (glutamina sintetasa)	Inhibición de la síntesis de lípidos (acetil-Coenzima A carboxilasa)	Inhibición de la síntesis de celulosa
	T5. Glifosato	**T6. Ametrina**	**T7. Metsulfuron metil**	**T8 y T9**. Fluroxipyr**
Grupo químico	Glicina	Triazina	Sulfonilurea	Hormonal, auxínico
Translocación	Sistémico	Sistémico	Sistémico	Sistémico
Selectividad	No selectivo	No selectivo	Dicotiledóneas	Dicotiledóneas
Época de aplicación	Posemergencia	Pre y posemergencia	Posemergencia	Posemergencia
Formulación	Concentrado soluble	Suspensión concentrada	Polvo mojable	Concentrado emulsionable
Toxicología	Ligeramente tóxico, categoría 4	Medianamente tóxico, categoría 3	Medianamente tóxico, categoría 3	Ligeramente tóxico, categoría 4
Mecanismo de acción	Inhibición de la síntesis de aminoácidos (EPSP sintetasa)	Inhibición del transporte de electrones en el PSII	Inhibición de aminoácidos de cadena ramificada (acetolactato sintetasa)	No se sabe con certeza: disruptores del crecimiento celular (síntesis de ácidos nucleicos y elongación celular)

** El T9 se aplicó tanto al plato como al estípite

Resultados

Las variables de intercambio gaseoso, crecimiento vegetativo y reproductivo del híbrido OxG no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) por efecto de la aplicación de herbicidas al plato y al estípite. Es decir, al cabo de un año de tratamiento, el control químico de malezas en estas áreas del cultivo del híbrido OxG no afectó las tasas de fotosíntesis, transpiración o gasto de agua asociado a la fijación de CO_2 (Figura 1) ni tuvo un efecto sobre el crecimiento en términos de longitud, área, peso seco o emisión foliar ni en la producción de estructuras reproductivas emitidas y diferenciadas (Tabla 2). Adicionalmente, la aplicación de los herbicidas evaluados tampoco promovió la aparición de algún tipo de anormalidad en las estructuras vegetativas o reproductivas en las palmas.

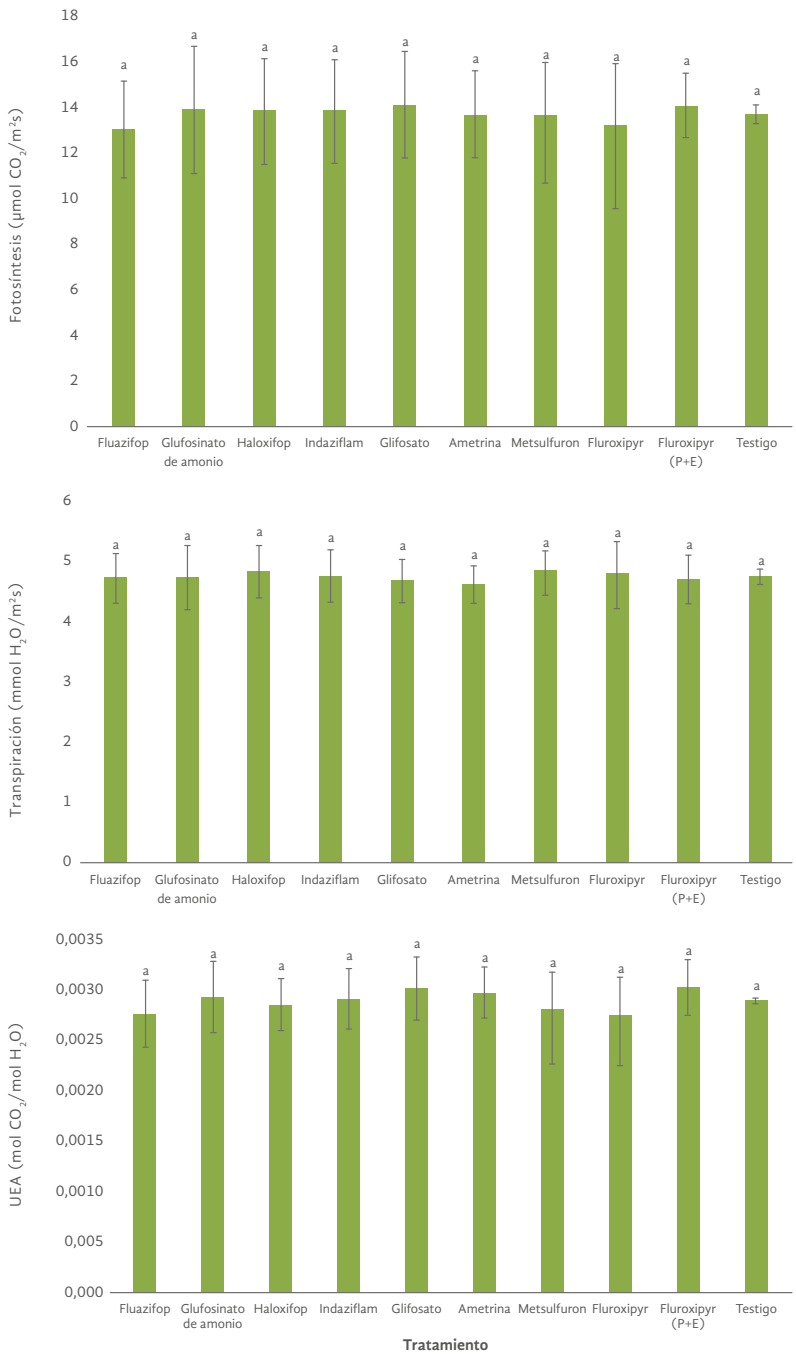


Figura 1. Fotosíntesis, transpiración y uso eficiente del agua (UEA) asociado a fotosíntesis de las palmas del cultivar híbrido OxG tratadas con herbicidas en el plato para el control de malezas, seis meses después de la primera aplicación en el CEPC (2016-2017)

Los valores corresponden a los promedios ± una desviación estándar. Promedios con letras distintas son significativamente diferentes, según Tukey ($p < 0,05$)

Tabla 2. Crecimiento reproductivo (a) y vegetativo (b) de las palmas del cultivar híbrido OxG tratadas con herbicidas en el plato para el control de malezas, seis y/o doce meses después de la primera aplicación (mda). CEPC (2016-2017). Los valores corresponden a los valores promedios ($\bar{x}$) ± una desviación estándar (Desv.)

a. Crecimiento reproductivo

Tratamiento	No. estructuras reproductivas								Relación de sexos (%)							
	6 mda				12 mda				6 mda				12 mda			
	$\bar{x}$	±	Desv.	*	$\bar{x}$	±	Desv.	*	$\bar{x}$	±	Desv.	*	$\bar{x}$	±	Desv.	*
Fluazifop	12	±	1	a	15	±	2	a	100	±	0	a	100	±	0	a
Glufosinato de amonio	11	±	2	a	15	±	2	a	100	±	0	a	100	±	0	a
Haloxifop	10	±	1	a	16	±	1	a	100	±	0	a	100	±	0	a
Indaziflam	12	±	1	a	16	±	2	a	100	±	0	a	92	±	15	a
Glifosato	11	±	1	a	16	±	3	a	100	±	0	a	100	±	0	a
Ametrina	10	±	1	a	15	±	2	a	100	±	0	a	100	±	0	a
Metsulfuron	12	±	2	a	14	±	1	a	100	±	0	a	100	±	0	a
Fluroxipyr	10	±	0	a	12	±	3	a	100	±	0	a	100	±	0	a
Fluroxipyr $_{(P+E)}$ *	11	±	1	a	15	±	2	a	100	±	0	a	100	±	0	a
Testigo	13	±	2	a	16	±	3	a	100	±	0	a	100	±	0	a

b. Crecimiento vegetativo

Tratamiento	Emisión foliar mensual				Longitud foliar (m)							
					6 mda				12 mda			
	$\bar{x}$	±	Desv.	*	$\bar{x}$	±	Desv.	*	$\bar{x}$	±	Desv.	*
Fluazifop	1,9	±	0,2	a	5,3	±	0,7	a	6,8	±	0,5	a
Glufosinato de amonio	2,0	±	0,1	a	5,9	±	0,3	a	6,5	±	0,2	a
Haloxifop	1,9	±	0,1	a	5,6	±	0,1	a	6,7	±	0,2	a
Indaziflam	1,8	±	0,1	a	5,8	±	0,3	a	6,4	±	0,3	a
Glifosato	2,0	±	0,2	a	5,6	±	0,3	a	6,8	±	0,8	a
Ametrina	2,0	±	0,1	a	5,7	±	0,5	a	6,6	±	0,4	a
Metsulfuron	1,9	±	0,1	a	5,6	±	0,3	a	6,7	±	0,3	a
Fluroxipyr	2,0	±	0,1	a	5,6	±	0,3	a	7,0	±	0,8	a
Fluroxipyr $_{(P+E)}$ *	1,9	±	0,2	a	5,6	±	0,5	a	6,6	±	0,5	a
Testigo	2,0	±	0,1	a	5,5	±	0,5	a	6,8	±	0,4	a

Continúa

Tratamiento	PSH_{17} (kg)								AFH_{17} (m^2)							
	6 mda				12 mda				6 mda				12 mda			
	$\bar{x}$	±	Desv.	*	$\bar{x}$	±	Desv.	*	$\bar{x}$	±	Desv	*	$\bar{x}$	±	Desv.	*
Fluazifop	0,77	±	0,18	a	1,33	±	0,15	a	4,6	±	1,0	a	7,3	±	1,2	a
Glufosinato de amonio	0,86	±	0,05	a	1,38	±	0,42	a	4,7	±	0,7	a	6,1	±	0,5	a
Haloxifop	0,87	±	0,08	a	1,28	±	0,06	a	4,6	±	0,2	a	5,8	±	1,1	a
Indaziflam	1,01	±	0,17	a	1,18	±	0,07	a	5,3	±	0,7	a	5,8	±	0,5	a
Glifosato	0,80	±	0,04	a	1,25	±	0,12	a	5,1	±	0,8	a	6,0	±	0,2	a
Ametrina	1,03	±	0,17	a	1,37	±	0,08	a	5,3	±	0,6	a	6,0	±	0,7	a
Metsulfuron	0,93	±	0,03	a	1,28	±	0,06	a	5,3	±	1,3	a	6,0	±	0,5	a
Fluroxipyr	0,80	±	0,13	a	1,26	±	0,35	a	5,3	±	0,8	a	6,4	±	1,6	a
Fluroxipyr $_{(P+E)}$*	1,01	±	0,14	a	1,42	±	0,25	a	5,4	±	0,2	a	6,4	±	0,7	a
Testigo	0,91	±	0,10	a	1,05	±	0,24	a	4,7	±	0,7	a	6,3	±	0,2	a

Promedios con letras distintas son significativamente diferentes, según Tukey ($p < 0,05$).

*Fluroxipyr $_{(P+E)}$: herbicida aplicado tanto al plato como al estípite

PSH_{17}: peso seco de la hoja 17; AFH_{17}: área foliar de la hoja 17

Discusión

El estudio mostró que no hubo un efecto del plateo químico sobre la fisiología de la palma de aceite. Incluso la aplicación cuatrimestral, durante un año, de las dosis más altas (recomendadas por los fabricantes) de herbicidas de diferente modo de acción, específicamente de glufosinato de amonio, ametrina, haloxifop, indaziflam, metsulfuron, fluazifop, glifosato y fluroxipyr, tanto en los platos como en el estípite (en el caso de este último herbicida), no limitaron el intercambio gaseoso ni el crecimiento vegetativo y reproductivo de un cultivar híbrido OxG. Lo anterior no excluye estudios complementarios posteriores en una ventana de tiempo mayor (24-36 meses o más), sobre otras etapas del cultivo (improductivo o productivo superior a 7 años de siembra) y con variables adicionales como la tasa de aborto o la translocación de herbicidas en el suelo y en la planta, ya que podrían presentarse efectos acumulados de la aplicación de herbicidas que se expresarían en plazos de tiempo superiores.

Justamente, la aplicación de estos herbicidas con equipos de aspersión manuales o eléctricos, principalmente de glifosato y/o glufosinato de amonio (3-4 L/ha), metsulfuron (15 g/ha), diuron (1,5 L/ha), 2,4-D (700 g/ha), atrazina y ametrina (1,5 L/ha) es una práctica efectiva para el control de malezas en el plato (Rey, 1995; Woittiez *et al*., 2016), sobre todo en zonas donde no es posible manejar algún tipo de mulch (Corley y Tinker, 2015). Adicionalmente, dichos herbicidas no causan daño en las palmas a menos que se asperjen directamente sobre las hojas o se usen sin cuidado y en cantidades excesivas, pues no son absorbidos por las raíces de estas debido, principalmente, a que no persisten por más de cuatro horas después de la aplicación (Woittiez *et al*., 2016). Es el caso del fluazifop, haloxifop, glifosato y demás herbicidas posemergentes (glufosinato de amonio, metsulfuron), e incluso los que son residuales (ametrina, indaziflam y fluroxipyr) no son móviles en el suelo (Woittiez *et al*., 2016; [1]). Esto es corroborado por Keong (1987), Khairudin y Teoh (1988, 1992) y Thomas *et al*. (1973), quienes en estudios llevados a cabo con 32 herbicidas

aplicados en el plato en extensas rondas anuales, (5 a 7) durante dos años, tanto en palma joven como adulta, encontraron que: (i) el picloram solo o en mezcla (picloram + 2,4-D, picloram + glifosato) fue absorbido por las raíces, se translocó e indujo a la formación de racimos partenocárpicos más pequeños con un 84 % menos de aceite a mesocarpio, y con un efecto que persistió por cerca de 27 semanas; (ii) ningún otro herbicida generó un desarrollo anormal o partenocarpia en las plantas, aunque si alteraron la constitución de especies de malezas regeneradas; (iii) los herbicidas hormonales (dicamba, fluroxipyr, 2,4-D, MCPA, clopyralid y triclopyr) no fueron absorbidos por las raíces de las palmas, y por tanto no indujeron anormalidades en el desarrollo de los frutos por translocación, sino que tal condición solo se presentó cuando entraron en contacto directo con las inflorescencias femeninas; (iv) las combinaciones de dicamba + fluroxipyr o metsulfuron + glifosato no generaron fitotoxicidad en el cultivo.

Lo anterior no desconoce la naturaleza ligera a moderadamente tóxica para humanos y animales de los herbicidas ni tampoco sugiere su aplicación indiscriminada, sino suscita su uso racional e integrado a prácticas sostenibles que favorezcan la absorción de nutrimentos y el crecimiento del cultivo, y además reduzcan la necesidad del control químico no solo en el plato sino dentro de otras áreas de cultivo (interlíneas, bordes de lotes, canales de riego o drenaje, o bolsas de los viveros) como: la siembra y mantenimiento de coberturas vegetales, el retorno a los platos de las hojas de poda, tusas o racimos vacíos de fruta como mulch, la aplicación de compost, efluentes o lodos de la planta de extracción (Ruiz *et al*., 2015) y/o la identificación y conservación de las arvenses, nectaríferas o vegetación asociada (Cantuca *et al*., 2001). Esto último resulta importante, ya que de las aproximadamente 255 especies de plantas asociadas con el cultivo de palma de aceite, únicamente el 33 % perteneciente a cerca de 52 familias botánicas (principalmente Polypodiaceae, Amaranthaceae, Piperaceae, Urticaceae, Papilionaceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Melastomataceae, Verbenaceae, Solanaceae, Compositae, Gramineae, Cyperaceae y Commelinaceae), especialmente leñosas y rastreras, son consideradas malezas (Woittiez *et al*., 2017), y el resto podrían servir como refugio o alimento de artrópodos depredadores de plagas (Calvache, 2001).

En otras palabras, el uso de herbicidas en el cultivo de palma de aceite debe dirigirse exclusivamente a la maleza o blanco biológico. Por ello, debe realizarse según el tipo de maleza que controle, por ejemplo, haloxifop o fluazifop para gramíneas anuales y perennes; metsulfuron o fluroxipyr para dicotiledóneas anuales y perennes; o glufosinato de amonio, ametrina, indaziflam y glifosato para malezas de hoja ancha o angosta como: *Ipomoea* sp., *Digitaria horizontalis, Paspalum paniculatum, Rottboellia cochinchinensis, Achyranthes aspera, Richardia scabra, Caperonia palustris, Ludwigia linifolia, Microtea debilis, Imperata cylindrica*, *Emilia sonchifolia, Fimbristylis miliacea, Cyperus esculentus, Murdannia nudiflora*, *Poa* sp. (Woittiez *et al*., 2017; [1]). Al mismo tiempo, no se debe generar una dependencia con cierto herbicida, ya que en los últimos años, el uso excesivo del glifosato en el cultivo de palma de aceite ha propiciado la aparición de resistencia en las malezas (Woittiez *et al*., 2016), lo que ha conllevado a buscar otras fuentes con acción de contacto que controlen un amplio espectro de malezas (como el glufosinato de amonio) y se enmarquen en la rotación de ingredientes activos y el empleo de equipos de baja descarga y selectivos, como el "selector de malezas" o las fumigadoras de disco rotativo con control de gotas, los cuales son usados con éxito en cultivos como café, banano y plátano (López *et al*., 2012).

Finalmente, aunque la investigación se llevó a cabo en un cultivo en establecimiento, se esperarían resultados similares en palmas adultas que son menos susceptibles a la competencia de las malezas, pues a partir de los cuatro años sus hojas se traslapan y sombrean el suelo casi totalmente, lo cual limita el crecimiento y desarrollo de la vegetación acompañante, por tanto, se disminuye el número de malezas y la frecuencia de su control (Cantuca *et al*., 2001). No obstante, se puede continuar esta investigación y complementarla con estudios ecofisiológicos o de diversidad y abundancia de malezas, ya que su reconocimiento e identificación, o en general de las plantas asociadas con el cultivo, sirven de guía para determinar las mejores prácticas para su manejo. Esto, especialmente en lo relacionado con la eficiencia del riego y la fertilización, el manejo integrado de plagas y enfermedades, la recolección del fruto, y el control químico (Mexzón y Chinchilla, 2003) que debe enmarcarse en un esquema de rotación de ingredientes activos y considerar todos los criterios

de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible (RSPO, por sus siglas en inglés), en los que puntualmente se prohíbe el uso de los herbicidas catalogados como tipo 1A o 1B por la Organización Mundial de la Salud, o los que son listados por las convenciones de Estocolmo o Róterdam, como el paraquat y el MSMA (Espinosa, 2016), en el caso de pequeños productores por el alto riesgo que tiene su manejo.

Conclusiones

El uso de los herbicidas glufosinato de amonio, ametrina, haloxifop, indaziflam, glifosato, metsulfuron, fluazifop o fluroxipyr podrían considerarse dentro del manejo integrado del cultivo para el control de malezas en el plato de plantaciones jóvenes o adultas de palma de aceite, siempre y cuando se apliquen con precaución y con las recomendaciones establecidas, pues al no presentar efectos en la parte aérea, aparentemente no son absorbidos por las raíces de la palma, y no inducen anormalidades en su crecimiento vegetativo y reproductivo. No obstante, se debe considerar que: (i) esto último podría contemplarse para un estudio posterior en el que se marque el movimiento de los herbicidas en el suelo y en la planta; (ii) el plateo químico es solo una alternativa dentro del manejo integrado de malezas que, en el marco de la actual producción de aceite de palma sostenible, acopla ciertos ingredientes activos en rotación o mezcla con la conservación de coberturas vegetales y nectaríferas, la aplicación de materia orgánica como mulch al plato y la limpieza mecánica; (iii) si se incluyen herbicidas, la elección debe basarse no solo en la disponibilidad regional o costo, sino en el estado del cultivo y la maleza, las características del lote y de las plantas asociadas. Su uso debe ser gradualmente minimizado, sin hacer una aplicación profiláctica o excesiva para evitar problemas de resistencia y alteración ecológica de otras comunidades dentro del agroecosistema de la palma de aceite, y su aplicación se debe llevar a cabo con aspersoras manuales o eléctricas especializadas para tal fin, que eviten el contacto (deriva) con el follaje o las inflorescencias femeninas, pues herbicidas como el fluroxipyr directo podría causar anormalidades en el desarrollo de los racimos, tal como lo indican Keong (1987), Khairudin y Teoh (1988, 1992) y Thomas *et al.* (1973).

Agradecimientos

Al personal del Campo Experimental Palmar de las Corocoras por su apoyo en mediciones y recolección de datos. Esta investigación fue financiada por el Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma.

Bibliografía

Calvache, H. (2001). El manejo integrado de plagas en el agroecosistema de la palma de aceite. *Palmas, 22*(3), 51- 60.

Cantuca, S., Quevedo, E., Peña, E. & Checa, O. (2001). Reconocimiento taxonómico de plantas asociadas con la palma de aceite *(Elaeis guineensis* Jacq.) en plantaciones de la zona de Tumaco. *Palmas, 22*(3), 27-37.

Contreras, A., Corchuelo, G., Martínez, O. & Cayón, G. (1999). Estimación del área y del peso seco foliar en *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera* y el híbrido interespecífico *E. guineensis* x *E. oleifera*. *Agron Colomb., 16*(1-3), 24-29.

Corley, R. & Tinker, P. (2015). Care and maintenance in oil palms. pp. 323-325. En Corley, R. & P. Tinker (Eds). *The oil palm*. UK: Blacwell Science.

Espinosa, J. (Ed). (2016). *Interpretación nacional para Colombia del estándar RSPO 2013 de principios y criterios para la producción de aceite de palma sostenible*. Bogotá, Colombia: Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma).

Keong, W. (1987). Development of parthenocarpic fruits in oil palm due to application of herbicides. *Planter 63*, 90-95.

Khairudin, H. & Teoh, C. H. (1988). Herbicides induced parthenocarpy in oil palm–preliminary screening of herbicides. En Institut Penyelidikan Minyak Kelapa Sawit Malaysia (Eds). *Proceedings of the International oil palm conferences progress and prospects* (pp. 210-214). Kuala Lumpur, Malasia.

Khairudin, H. & Teoh, C. H. (1992). Evaluation of new herbicides for general weed control in oil palm. *Planter 68*, 257-270.

Labrada, R., Caseley, J. C. & Parker, C. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO): Estudio de producción y protección vegetal 120.

López, J., Villalba, D., Salazar, L. & Cárdenas, O. (2012). Manejo integrado de arvenses en el cultivo de café: nueva alternativa de control químico. *Avances técnicos-Cenicafé*, 417. Manizales, Colombia.

Mexzón, R. & Chinchilla, C. (2003). Especies vegetales atrayentes de la entornofauna benéfica en plantaciones de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Costa Rica. *Palmas, 24*(1), 33-57.

Pérez, P. (2014). *Guía de prácticas agrícolas en el cultivo de palma de aceite ya establecido*. Bogotá, Colombia: Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma).

Ramos, A. (2004). *Uso adecuado y eficaz de productos para la protección de cultivo*. Memorias del convenio entre Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y Cámara de la Industria para la Protección de Cultivos (ANDI). Bogotá, Colombia: Produmedios.

Rey, R. (1995). Optimización de recursos en el manejo de plantaciones. *Palmas 16*(4), 274-283.

Ruiz, R. (2010). *Estimativos de producción para determinar el potencial productivo de racimos de fruta fresca. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores*. Bogotá, Colombia: Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma).

Ruiz, E. & Molina, D. (2014). Beneficios asociados al uso de coberturas leguminosas en palma de aceite y otros cultivos permanentes: una revisión de literatura. *Palmas 35*(1), 53-64.

Ruiz, E., Mesa, E., Mosquera, M., Beltrán, J. & Guerrero, J. (2015). Ubicación de hojas cortadas durante la poda y la cosecha alrededor de las palmas como mulch: estudio de la adopción de la práctica en cultivadores de palma de aceite en Tibú, Norte de Santander. *Palmas 36*(3), 11-23.

Sociedad Española de Malherbología (SEMh). (2007). Definiciones y consideraciones generales sobre las malas hierbas y control químico: herbicidas. Recuperado de http://semh.net/. Consultado: mayo de 2018.

Thomas, R., Seth, A., Chan, K. & Ooi, S. (1973). Induced parthenocarpy in the oil palm. *J Ann Bot., 37*(151), 447-452.

Woittiez, L., Haryono, S., Turhina, S., Dani, H., Dukan, T. P. & Smit, H. (2016). Smallholder oil palm handbook module 3: Plantation maintenance. Wageningen,The Netherlands: Wageningen University.

Woittiez, L., Wijk, M., Slingerland, M., Noordwijk, M. & Giller, K. (2017). Yield gaps in oil palm: A quantitative review of contributing factors. *Eur J Agron., 83*, 57-77.

[1]: Ficha técnica, tarjeta de emergencia y hoja de seguridad de los herbicidas Fusilade®, Cascabel®, Glyphogan®, Tomahawk®, Ally®, Finale®, Becano®, Verdict® en: http://www3.syngenta.com/ http://www.adama.com/ https://www.cropscience.bayer.co/ https://www.dowagro.com/co/ Consultado: diciembre de 2018.

Mezcla de ácido naftalenacético y polen, ¿se puede considerar una alternativa para la obtención de frutos normales dentro de la polinización artificial en el híbrido *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*?*

Mixing 1-Naphthaleneacetic Acid and Pollen, Could it be Considered as an Alternative for Obtaining Normal Fruits within Artificial Pollination in the Hybrid *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*?

Citación: Ruiz-R, R., Daza, E., Calpa, Á. & Romero, H. M. (2020). Mezcla de ácido naftalenacético y polen, ¿se puede considerar una alternativa para la obtención de frutos normales dentro de la polinización artificial en el híbrido *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*? *Palmas, 41*(2), 38-47.

Palabras clave: germinabilidad, viabilidad, composición física del racimo, híbrido OxG.

Keywords: Germinability, viability, physical composition of the bunches, OxG hybrid

* Artículo de investigación e innovación científica y tecnológica.

Recibido: abril de 2020.
Aprobado: mayo de 2020.

Ruiz-Romero Rodrigo
Investigador Titular. Programa de Mejoramiento de Cenipalma

Daza Edison
Asistente de Investigación. Programa de Mejoramiento de Cenipalma

Calpa Ángela
Estudiante Universidad de Nariño

Romero Hernán M.
Director de Investigación de Cenipalma. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
hromero@cenipalma.org

Resumen

La polinización asistida es una práctica agronómica que debe hacerse en los cultivares híbridos interespecíficos OxG para lograr la formación de los racimos con eficiencias de polinización cercanas al 65 % y tasas de extracción de aceite entre 18 y 21 %. El requerimiento de la polinización asistida se debe principalmente a la baja viabilidad y potencial de germinación del polen de los híbridos. Investigaciones recientes desarrolladas por Cenipalma, usando el regulador de crecimiento ácido 1-naftalenacético (ANA) en líquido, concluyeron que es posible inducir la formación de frutos partenocárpicos (sin semilla) sin la utilización de polen, lo que conlleva a una mejor conformación del racimo y mayores rendimientos de aceite en comparación con los obtenidos en la polinización asistida. A nivel industrial se hicieron variaciones en la metodología, lo que condujo a aplicar el ANA espolvoreado sumado a la adición de polen en la mezcla, como una manera de mejorar no solo la cantidad de frutos normales sino también el prensado

del fruto en la planta de beneficio. A la fecha, no se tienen investigaciones que muestren la efectividad de esta práctica, a pesar de que se viene llevando a cabo hace más de dos años en algunas plantaciones. Es así como, el objetivo de la investigación fue evaluar el impacto de ANA sobre la viabilidad y germinabilidad del polen, siendo el primer paso para determinar los beneficios de usar la mezcla polen + ANA como una práctica comercial en los híbridos interespecíficos OxG. Los resultados mostraron que el ANA afectó negativamente la germinabilidad del polen, causando una reducción del 90 % de la tasa de germinación en menos de 30 minutos de contacto físico entre estos dos. También, la viabilidad del polen fue afectada por ANA, aunque no en la misma proporción que la germinabilidad, pues causó una reducción de 22 puntos porcentuales en la viabilidad, 20 minutos después del contacto físico entre el regulador de crecimiento y el polen. Respecto al número de frutos normales que se forman por la aplicación de la mezcla polen + ANA fue de casi un tercio de lo que se presenta cuando se usa solo polen, corroborando los resultados observados en el laboratorio. En conclusión, no se recomienda la mezcla física de polen con ANA en los híbridos interespecíficos OxG, considerando la reducción de la germinabilidad del polen y, por consiguiente, la producción de frutos normales (con almendra).

Abstract

Assisted pollination is an agronomic practice that must be done in OxG hybrid cultivars to achieve adequate bunch formation close to 65% with high oil extraction rates between 18-21%. The requirement of assisted pollination is caused mainly by the low viability and germination potential of the hybrid's pollen. Recent research developed by Cenipalma, using the plant growth regulator 1-Naphthaleneacetic acid (NAA), showed that it is possible to induce parthenocarpic (seedless) fruits without using pollen. NAA applications to female inflorescences lead to better physical composition of the bunches and higher oil yields. One of the forms to apply the growth regulator is as a powder basis in a mixture with pollen, to produce some normal fruits to improve the pressing process in the mill and oil palm kernel recovery. However, there is not enough research about the benefits of this practice (mixture pollen + NAA), taking into account that NAA could impact pollen behavior. The objective of this research was to evaluate the impact of NAA on pollen viability and germinability. This evaluation is the first step to determine the benefits of using pollen + NAA as a commercial practice in the OxG interspecific hybrids. The results showed that NAA negatively affected pollen germinability, causing a 90% reduction in the germination rate in less than 30 minutes of physical NAA and pollen contact. Pollen viability was also influenced by NAA, although not in the same magnitude as germinability. Thus, NAA caused a reduction of 22 percentage points in pollen viability at 20 minutes of physical contact between the plant growth regulator and the pollen. Regarding the number of normal fruits that are formed by the application of the mixture pollen + ANA, it was almost a third of what occurs when only pollen is used, corroborating the results observed in the laboratory. In conclusion, the physical mixture of pollen with ANA is not recommended in OxG interspecific hybrids, considering the reduction of pollen germination and therefore the production of normal fruits (with kernel).

Introducción

La siembra de cultivares híbridos OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) en Colombia se ha presentado como una solución a la problemática sanitaria causada por la Pudrición del cogollo (PC) (Rincón *et al.*, 2013; Navia *et al.*, 2014; Torres *et al.*, 2016). Hasta el momento han sido devastadas en el país más de 75.000 ha de *E. guineensis* por la enfermedad (Cooman, 2019), de las cuales se han resembrado cerca de 68.000 ha con híbridos interespecíficos OxG (Ayala y Romero, 2019).

Los híbridos OxG en condiciones de polinización natural presentan una baja eficiencia de polinización (*fruit set*) que no supera el 45 % (Zambrano, 2004), lo que trae como consecuencia la mala conformación

del racimo, expresada en el reducido número de frutos normales y partenocárpicos que terminan afectando la tasa de extracción de aceite (TEA), con valores que pueden llegar a ser 12 % inferiores a los que se presentan en *E. guineensis* (Rosero y Santacruz, 2014; Sánchez *et al.*, 2011).

Como respuesta a la baja polinización natural de los híbridos se estableció como práctica la polinización asistida, que consiste en aplicar de forma manual polen de *E. guineensis* a las inflorescencias femeninas en antesis, generando una mejora en las tasas de extracción entre 18 y 21 %. Sin embargo, esta no ha sido suficiente para alcanzar tasas comparables a las de *E. guineensis* (Fedepalma, 2018). Trabajos recientes desarrollados por Cenipalma (Romero *et al.*, 2019), en los que se involucra la aplicación líquida de ácido 1-naftalenacético (ANA) en vez de polen a inflorescencias femeninas, mostraron un mayor rendimiento de aceite a racimo, debido a un incremento en la eficiencia de polinización cercana a 100 % (Romero, 2019), representada por la inducción de frutos partenocárpicos, los cuales a su vez mostraron una mayor relación de mesocarpio a fruto, variables que terminaron redundando en tasas de extracción de aceite cercanas a 25 % (Romero *et al.*, 2019).

A nivel comercial, las plantaciones en las diferentes zonas palmeras han preferido aplicar ANA en polvo sobre las inflorescencias femeninas, y además incluir polen en la mezcla, que tendría como finalidad la formación de frutos normales y facilitar el procesamiento de los racimos en planta de beneficio. Sin embargo, no hay evidencias de que esta mezcla tenga un efecto positivo en la producción de frutos normales. Siendo así, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de ANA sobre la viabilidad y germinabilidad del polen y corroborar en campo los resultados de laboratorio a partir de aplicaciones de la mezcla de polen + ANA sobre inflorescencias, y su posterior respuesta en la composición física del racimo.

Materiales y métodos

Localización

Este trabajo se desarrolló en dos fases: Fase 1 de laboratorio, en la que se determinó el efecto del ANA sobre la germinabilidad y viabilidad de polen, y fase 2 de campo, en la que se determinó la composición física del racimo por efecto de la aplicación en polvo de la mezcla polen + ANA durante la antesis de las inflorescencias femeninas. La fase de laboratorio se realizó en el Campo Experimental Palmar de la Sierra, ubicado en el municipio de Zona Bananera (Magdalena). Entre tanto, la fase de campo se realizó en el Campo Experimental Palmar de las Corocoras, ubicado en la vereda Naguaya, municipio de Paratebueno, Cundinamarca, Zona Oriental.

Fase 1

Pruebas sobre polen

Para las pruebas de germinación y viabilidad se utilizó polen colectado en tres fechas diferentes de los meses de abril, septiembre y octubre de 2019, constituyéndose cada polen en una repetición para un total de tres repeticiones. El diseño del experimento en laboratorio fue de bloques completamente aleatorizados y una unidad experimental de 400 granos de polen, los cuales se visualizaron en diferentes campos del microscopio, a partir de lecturas que se realizaron en cajas de Petri.

Prueba de germinabilidad

Germinación del polen en medio de agar con y sin ANA. Para las pruebas de germinación se preparó un medio de cultivo con 7,2 g de agar y 66 g de azúcar disueltos en 600 ml de agua destilada, siendo el pH del medio de 7,3. De la solución que se preparó, se separaron 200 ml para la prueba de germinación según la metodología establecida por Guataquira *et al.* (2019). A los 400 ml restantes, se le adicionó 0,48 g de ANA disuelto en 10,68 ml de etanol al 96 % para una concentración final de 1.200 ppm y un pH final de 3,9. De esta solución, se tomaron 200 ml y se corrigió el pH con hidróxido de potasio 1 M hasta alcanzar un pH cercano a 7,3. Las 3 soluciones se hirvieron hasta el punto de ebullición para posteriormente verter en alícuotas de 5 ml en cajas de Petri. Se hicieron 3 tratamientos: (1) agar a pH 7,3; (2) en agar + ANA a pH de 3,9 y (3) en agar + ANA a pH de 7,3 ajustado con KOH.

La siembra de polen se realizó poniéndolo en contacto con un trozo de algodón y haciendo barridos

ligeros sobre un tamiz de 150 mesh, con el fin de permitir que el polen cayera de manera homogénea en el sustrato. Las cajas de Petri fueron incubadas en la oscuridad y a una temperatura de 38 °C durante 2 horas para su germinación. Posteriormente fueron llevadas al microscopio (Optika Microscopes Italy, modelo B-383PL), donde se tomaron fotografías en el campo de 10X con una cámara digital (Industrial Digital Camera, modelo UCMOS1400KPA). Para la facilidad de su lectura, se hizo uso del *software* ImageJ. El porcentaje de germinación se definió de la siguiente manera, considerando como germinados aquellos granos que presentaron un tubo polínico de longitud mayor o igual al diámetro del polen (Sánchez *et al*., 2011).

Germinación del polen a diferentes tiempos de exposición con ANA. En un experimento por separado se hizo la mezcla del polen con el ANA en polvo (polen + ANA) en la relación que se utiliza para la aplicación de una inflorescencia. Luego se hicieron siembras de esta mezcla cada 10, 20 y 30 minutos en el medio agar-azúcar. Adicionalmente, se tuvo un control absoluto, que se trató de la siembra del polen sin que fuera mezclado con ANA. Durante el tiempo de evaluación se hizo la agitación de la mezcla para mantener en constante contacto el polen con el ANA. El tiempo máximo que se utilizó para el ensayo (30 minutos) se basó en el tiempo que puede requerir una persona en campo para descargar totalmente su contenedor con polen. El porcentaje de germinación se calculó como se explica en la Ecuación 1.

Prueba de viabilidad

Viabilidad de los granos de polen a diferentes tiempos de exposición con ANA. De las mismas muestras que se prepararon para las pruebas de germinación del polen en diferentes tiempos de exposición con ANA, se tomaron otras muestras y se colocaron en el portaobjetos, se les añadió dos gotas de acetocarmin y posteriormente se cubrieron con el cubreobjeto. Estas fueron llevadas a la oscuridad por 5 minutos y luego leídas en el microscopio como se explicó anteriormente. El porcentaje de viabilidad se definió de la manera como se muestra en la Ecuación 2.

Análisis estadístico

El diseño experimental para esta fase fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. El factor de bloqueo correspondió a los diferentes momentos de colecta del polen que fue usado. Por tratamiento y repetición se contaron aproximadamente 400 granos de polen en cada una de las variables evaluadas.

Fase 2

Se seleccionaron palmas del híbrido interespecífico OxG Brasil x Djongo, siembra 2012, y se realizaron aplicaciones de los tratamientos en las inflorescencias femeninas de cada palma en estadio fenológico 607 (antesis), durante un periodo de 6 meses. Se aplicó un tratamiento polen + ANA que consistió en 3 g de mezcla compuesta de 8 % de ANA (240 mg), 3,3 % de polen (100 mg) y 88,7 % de talco (2.660 mg), y un tratamiento control que consistió en la polinización asistida tradicional, donde se aplicaron 3 g de mezcla polen:talco en una relación 1:9. Después del tiempo de maduración, los racimos fueron cosechados en estadio fenológico 807 para su posterior análisis.

Ecuación 1.

$$\%\ germinación = \frac{Número\ de\ granos\ germinados}{Número\ de\ granos\ germinados + número\ de\ granos\ no\ germinados} \times 100$$

Ecuación 2.

$$\%\ viabilidad = \frac{Número\ de\ granos\ de\ polen\ coloreados}{Total\ de\ granos\ de\ polen} \times 100$$

Análisis de los componentes del racimo

Los componentes del racimo y el porcentaje de formación de frutos normales y partenocárpicos se cuantificaron entre los meses de mayo a septiembre de 2019, según la metodología de Prada y Romero (2012). A partir de los datos se determinó la eficiencia de la polinización (*fruit set*), para lo cual se determinó el número de frutos normales (FFN), el número de frutos partenocárpicos (FFP) y el número de frutos abortados (FFAB); adicionalmente, se calculó la proporción en peso de frutos a racimo para frutos normales (FNR) y partenocárpicos (FPR); almendra a racimo (AlmR) y cuesco a racimo (CR).

Análisis estadístico

El diseño del experimento en campo fue de bloques completamente aleatorizados (BCA), bloqueo que se realizó para controlar la variabilidad asociada a las condiciones edáficas. Los tratamientos se evaluaron en 4 repeticiones y 80 palmas por unidad experimental. De cada unidad experimental se seleccionaron 15 racimos para el registro de las variables de respuesta.

Resultados y discusión

Influencia del ácido 1-naftalenacético (ANA) en la germinación del polen

El ANA redujo el pH del medio de germinación de polen agar-azúcar llevándolo desde pH 7,3 a pH 3,9. Bajo esas condiciones el porcentaje de germinación de los granos de polen fue cercano a cero por ciento (Figura 1). Caser (2017) considera que variaciones en el pH en el estigma influencian fuertemente la germinación del polen y consecuentemente el *fruit set*. Sin embargo, en el tratamiento 2 en el cual se agregó ANA y el pH fue ajustado a 7,3, la germinación del polen también fue baja, de tal manera que la disminución de la germinación del polen no estaría dada por la disminución del pH, sino por el efecto directo del ANA sobre el polen (Figura 1).

Comportamiento de la germinación del polen a diferentes tiempos de exposición del ácido 1-naftalenacético (ANA)

Cuando el ANA se puso en contacto físico con el polen se presentó una fuerte inhibición de la germinación desde los primeros diez minutos de contacto del regulador de crecimiento con el polen (Figura 2), con porcentaje de germinación cercanos al 10 %, mientras que en el tratamiento control sin ANA, la germinación estuvo por encima del 50 %.

En los granos de polen germinados con ANA (Figura 3) se encontraron casos en donde el tubo polínico logró germinar, sin que esto signifique una capacidad para llegar a fecundar el óvulo. Edlund *et al.* (2004) indican que granos de polen muertos tienen la capacidad de hidratarse igual que polen vivo, hincharse e incluso germinar, sin embargo, estos finalmente se rompen. Aunque en el presente estudio no se observó el rompimiento de granos de polen, si se apreció un acortamiento del tubo polínico en los tratamientos con ANA.

Comportamiento de la viabilidad del polen a diferentes tiempos de exposición del ácido 1-naftalenacético (ANA)

Para determinar si la baja germinación del polen en diferentes tiempos era causada por la muerte de los granos, se estudió la viabilidad de estos. Según Ordoñez (2014), granos de polen viables se colorean de rojo con acetocarmín, indicando una integridad de la membrana citoplasmática. Los resultados mostraron que la mezcla de polen + ANA a diferentes tiempos reduce significativamente ($p<0,05$) el número de granos vivos respecto al tratamiento control, con una reducción de 22 puntos porcentuales cuando se hizo la mezcla y se dejó incubar por 20 minutos (Figura 4). Sin embargo, esta reducción en la viabilidad fue leve con respecto a la observada en las pruebas de germinación, lo que indica que el uso de ANA, aunque no provoca la muerte de los granos de polen, sí inhibe la germinación del tubo polínico y, por lo tanto, el proceso de fecundación, que termina redundando en la baja formación de frutos normales.

Figura 1. Respuesta de la germinación del polen al efecto de la aplicación de ANA en un medio agar-azúcar

Para el tratamiento donde se ajustó el pH a 7,3 se utilizó KOH.

Las barras indican el error estándar. Medias con la misma letra no difieren estadísticamente (p<0,05) bajo prueba de Tukey

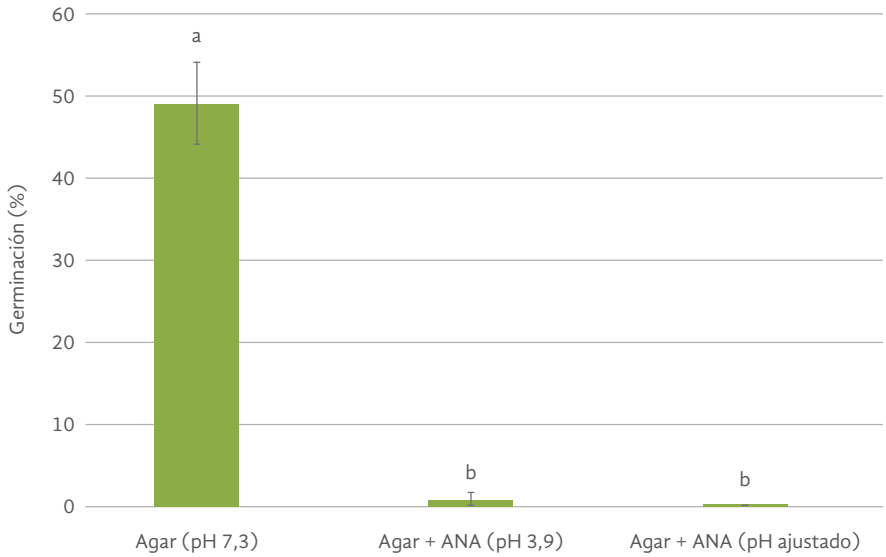


Figura 2. Respuesta de la germinación del polen al efecto de la aplicación de ANA a diferentes tiempos de exposición

t hace referencia al tiempo de contacto del polen con ANA, que para el ensayo fue de 10, 20 o 30 minutos.

Las barras indican el error estándar. Medias con la misma letra no difieren estadísticamente (p<0,05) bajo prueba de Tukey

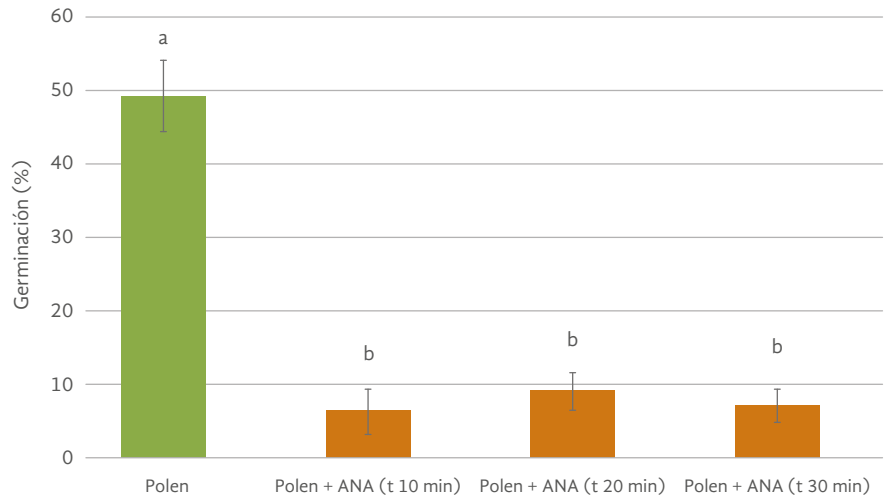
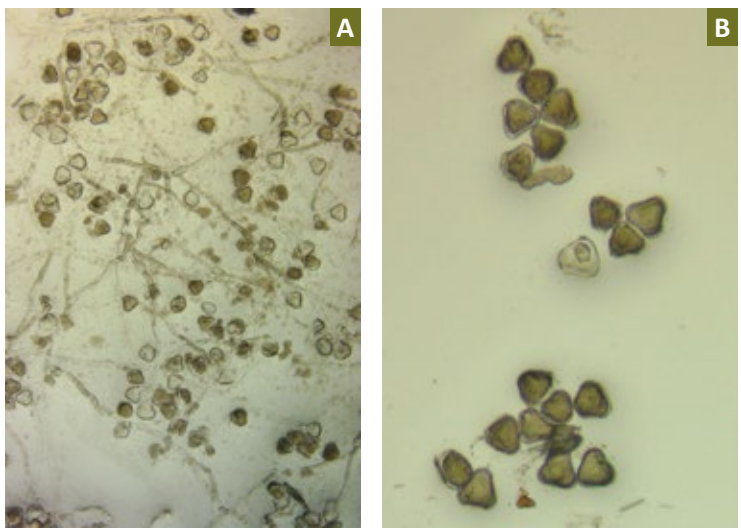


Figura 3. A: apariencia de los granos de polen en un medio sin ANA; B: detalle de la apariencia anormal del tubo polínico de un grano de polen en mezcla con ANA



Caracterización física de la composición de racimos formados a partir de la aplicación de ácido 1-naftalenacético (ANA) en mezcla con polen en condiciones de campo

Con la adición de polen en la mezcla de ANA y talco no se produjo la formación de frutos normales esperada, obteniendo casi la tercera parte de los frutos normales que se generaron mediante la aplicación de polen. Sin embargo, se observó una mejor conformación en los racimos (*Fruit set*) tratados con la mezcla de polen + ANA con 74,7 % respecto a 65,6 % de los racimos formados a partir de la aplicación de polen. Estos resultados están asociados a una mayor formación de frutos partenocárpicos y a una reducción en el número de abortos en el racimo (Figura 5), lo que significa que este incremento puede deberse más al efecto de la aplicación de ANA que del polen, teniendo en cuenta la baja proporción de frutos normales observada.

Figura 4. Viabilidad del polen en mezcla con el ANA (polen + ANA).

Esta fue medida después de diferentes tiempos de contacto del polen con el ANA; t hace referencia al tiempo de contacto del polen en ANA, que corresponde a 10, 20 o 30 minutos.

Las barras indican el error estándar. Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p<0,05$) bajo prueba de Tukey.

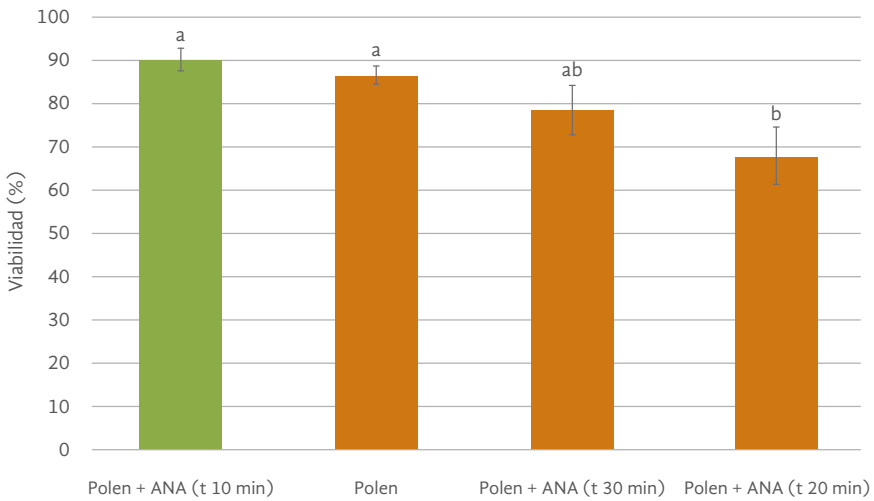
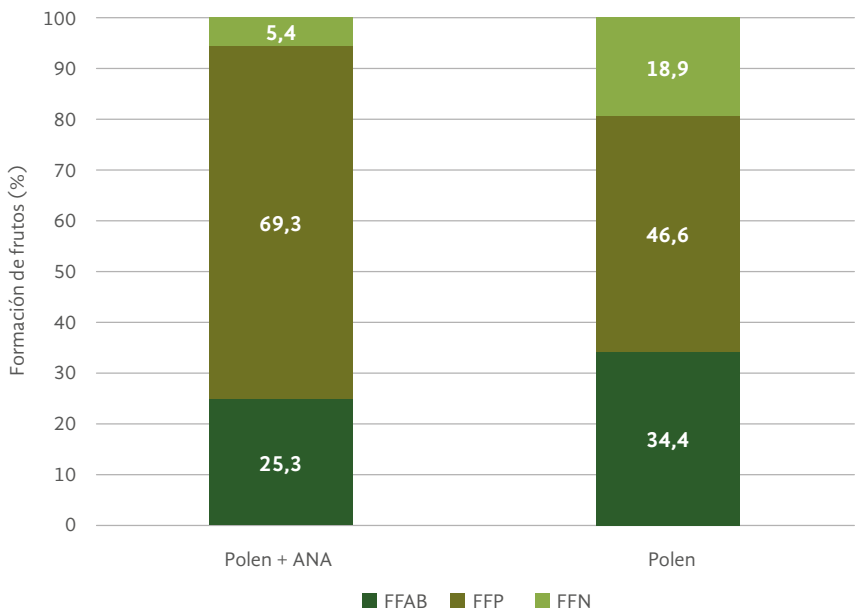


Figura 5. Relación de la formación de frutos normales (FFN), partenocárpicos (FFP) y abortados (FFAB) en el racimo para inflorescencias en antesis donde se aplicó solo polen y para inflorescencias tratadas con una mezcla de polen + ANA



En los racimos tratados con la mezcla de polen + ANA predominaron los frutos partenocárpicos con el 50,9 % del aporte en peso del racimo, mientras que los frutos normales aportaron solamente 8,2 % del peso del racimo. En el caso de los racimos tratados con polen, el aporte de los dos tipos de frutos en el peso del racimo fue más equilibrado con un 31,3 % para los frutos normales y un 29,3 % para los partenocárpicos (Figura 6). Con estos resultados se observa la reducida eficiencia del uso del polen en la mezcla, ya que el aporte en peso a racimo de los frutos normales representa una cuarta parte de lo que se obtiene cuando solo se aplica polen.

Debido a la baja formación de frutos normales en los racimos que se producen de la mezcla de polen + ANA se presentó una menor proporción de nuez con valor de 2,2 % (almendra 0,5 % y cuesco 1,7 %), que representa aproximadamente la tercera parte de lo que se produce con el método de polinización asistida tradicional (Figura 7). Con estos resultados, la cantidad de cuesco que se produce de los racimos tratados con la mezcla de polen + ANA no es suficiente para superar las dificultades que se tienen en el prensado por el procesamiento de la fruta producida con el regulador de crecimiento (Comité de Plantas de Beneficio Zona Suroccidental, 2019). En *E. guineensis* se tiene estimado que 10 % de nuez a racimo es requerido para el adecuado prensado en condiciones de planta de beneficio (Prada y Romero, 2012).

Figura 6. Relación de la formación de frutos normales (FNR) y partenocárpicos (FPR) con respecto al peso del racimo para inflorescencias en antesis donde se aplicó solo polen y para inflorescencias tratadas con una mezcla de polen + ANA

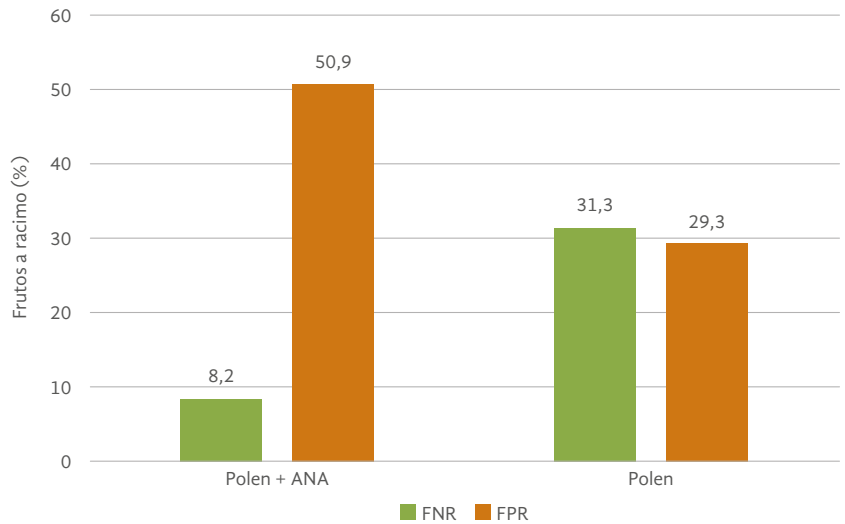
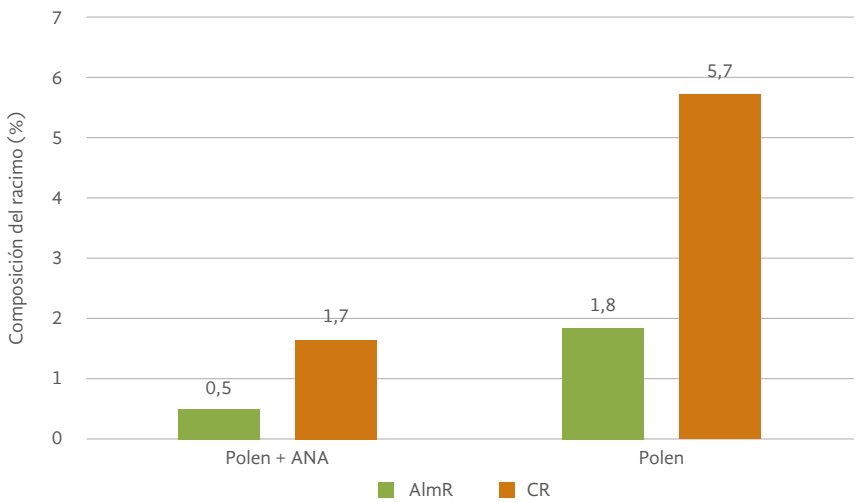


Figura 7. Composición de racimos con relación a la formación de almendra a racimo (AlmR) y cuesco a racimo (CR) para inflorescencias en antesis donde se aplicó solo polen y para inflorescencias tratadas con una mezcla de polen + ANA



Conclusiones

El regulador de crecimiento ANA disminuye la viabilidad y la germinación del polen, lo cual termina afectando negativamente la formación de los frutos normales y por lo tanto, de la cantidad de almendra. De esta manera no se recomienda la mezcla polen + ANA para la polinización de los híbridos interespecíficos OxG, en donde se termina incurriendo en un costo adicional de la labor por la compra del polen, que no cumple una función dentro de la polinización.

Los cambios observados en los racimos formados a partir de la aplicación de la mezcla polen + ANA corroboran los resultados de las pruebas de viabilidad y germinación en laboratorio, evidenciando que el ANA genera una alteración o inhibición de las condiciones en las que el polen realiza el proceso de fecundación, lo que se traduce en la baja formación de frutos normales respecto a lo obtenido mediante la polinización tradicional. Sin embargo, si se desea aplicar polen y ANA, se recomienda usar por separado el polen únicamente en la primera aplicación para aquellas inflorescencias que se encuentren en el estadio fenológico 607 (antesis), complementando posteriormente con ANA a los 7 y 14 días después de la primera aplicación.

Bibliografía

Ayala, I. & Romero, H. M. (2019). Cultivares híbridos OxG y la reactivación productiva de zonas problema con PC. En *XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*. Bucaramanga, Colombia.

Caser, M. (2017). Pollen Grains and Tubes. Reference Module in Life Science, *Elsevier*. doi: org/10.1016/B978-0-12-809633-8.05077-9

Comité de Plantas de Beneficio Zona Suroccidental. (2019). Experiencias del procesamiento de cultivares híbridos con polinización artificial. En *XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*. Bucaramanga, Colombia.

Cooman, A. (2019). De la investigación al cambio productivo. En *XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*. Bucaramanga, Colombia.

Edlun, A., Swanson, R. & Preuss, D. (2004). Pollen and Stigma Structure and Function: The Role of Diversity in Pollination. *Plant Cell, 16*, S84-S97.

Fedepalma. (2018). *Anuario estadístico. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo 2013-2017*. Bogotá (Colombia), 192p.

Guataquira, S., Mesa, E., Ruiz-Romero, R. & Romero, H. M. (2019). Evaluación de la viabilidad y germinabilidad del polen durante la labor de polinización asistida en campo. *Revista Palmas, 40*(1), 13-20.

Navia, E. A., Ávila, R. A., Daza, E. E., Restrepo, E. F. & Romero, H. M. (2014). Assessment of Tolerance to Bud Rot in Oil Palm Under Field Conditions. *Eur. J. Plant Pathol*. doi:10.1007/s10658-014-0491-9.

Ordoñez, B. (2014). *Determinación de la viabilidad y fertilidad del polen*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP) 8p. Recuperado de http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/05/006140-2.pdf

Prada, F. & Romero, H. M. (2012). *Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores*. Bogotá, Colombia: Cenipalma-Fedepalma, SENA-SAC. pp. 158.

Rincón, S. M., Hormaza, P. A., Moreno, L. P., Prada, F., Portillo, D. J., García, J. A. & Romero, H. M. (2013). Use of Phenological Stages of the Fruits and Physicochemical Characteristics of the Oil to Determine the Optimal Harvest Time of Oil Palm Interespecific OxG Hybrid Fruits. *Industrial Crops and Products, 49*, 204-210.

Romero, H. M., Daza, E., Urrego, N., Ayala, I., Rivera-Mendez, Y. & Ruiz-Romero, R. (2019). How to reach 10 tons of oil per hectare per year: induction of high oleic oil production from parthenocarpic fruits in oil palm OxG interspecific hybrids (*Elaeis oleifera* Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.). *Memories International Oil Palm Conference, PIPOC 2019*. Kuala Lumpur, Malasia.

Romero, H. M. (2019). La polinización artificial con reguladores de crecimiento incrementa la producción de aceite en híbridos interespecíficos OxG. *Revista Palmas, 40*(Especial Tomo I), 140-141.

Rosero, G. & Santacruz, L. (2014). Efecto de la polinización asistida en la conformación del racimo en material híbrido OxG en la plantación Guaicaramo S. A. S. *Revista Palmas, 35*(4), 11-19.

Sánchez, A., Daza, E., Ruiz-Romero, R. & Romero, H. M. (2011). *Polinización asistida en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores*. Bogotá, Colombia: Cenipalma-Fedepalma, SENA-SAC. 168 p.

Torres, G. A., Sarria, G. A., Martínez, G., Varón, F., Drenth, A. & Guest, D. I. (2016). Bud Rot Caused by *Phytophthora palmivora*: A Destructive Emerging Disease of Oil Palm. *Phytopathology 106*, 320-329. doi:10.1094/PHYTO-09-15-0243-RVW

Zambrano, J. (2004). Los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* H. B. K. x *Elaeis guineensis* Jacq. Una alternativa de renovación para la Zona Oriental de Colombia. *Revista Palmas, 25* (Especial Tomo II), 339-349.

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 interdisciplinar, 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

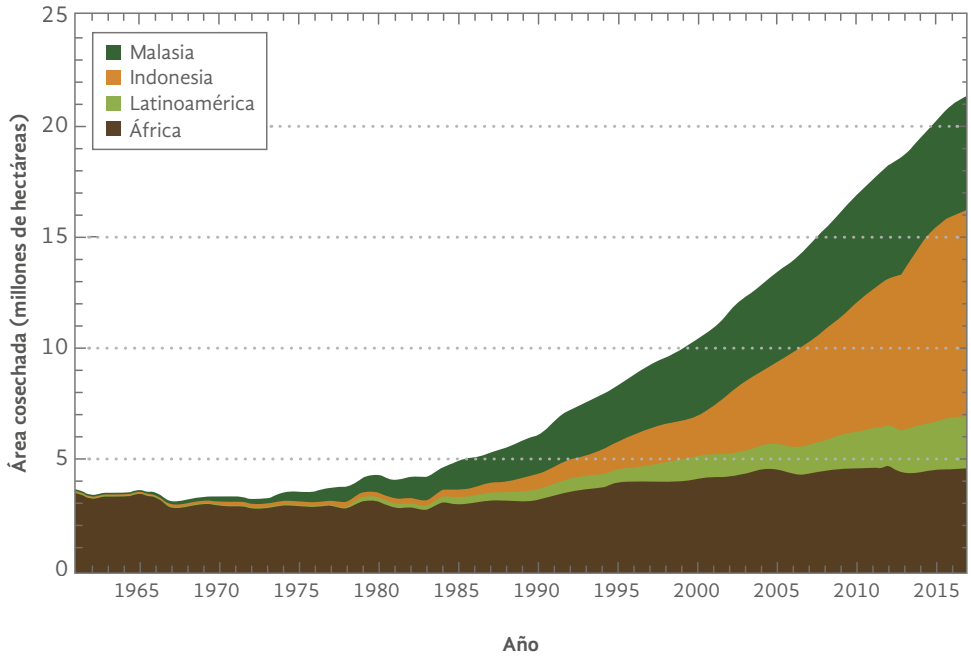


Figura 1. Área de palma de aceite cosechada en el mundo (1961-2017) en millones de hectáreas (ha). Con base en datos de la FAO (2019)

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.

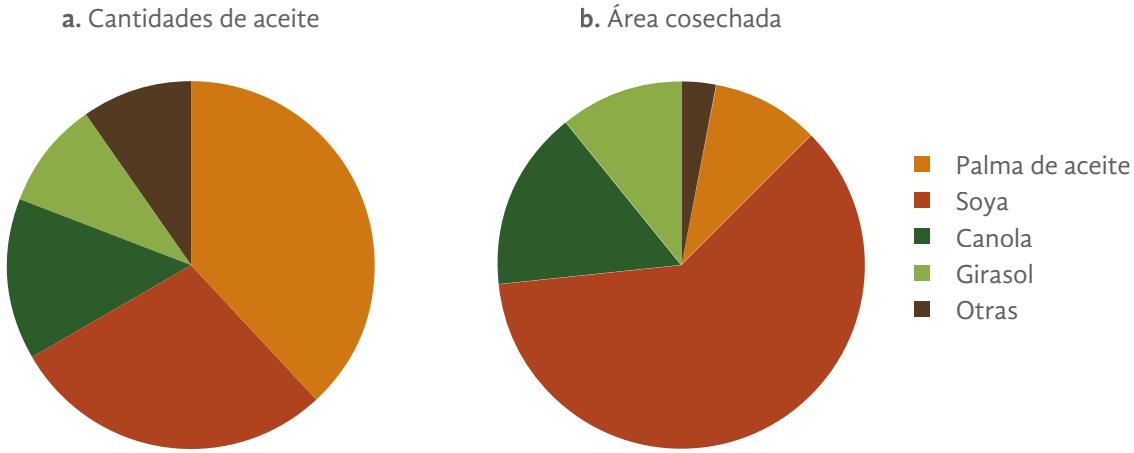
El aceite de palma tiene un alto contenido de ácidos grasos saturados y, por lo tanto, algunas veces es visto como menos saludable que otros aceites vegetales para consumo humano. Sin embargo, un metaanálisis de 51 estudios originales no encontró efectos sistemáticos en los indicadores de enfermedades 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.rspo.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 (Villela *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; Kubitza *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; Sayeretal, 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 toneladas 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 CO_2 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, CO_2 y gases tóxicos (CO, CO_3, NO_2), 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

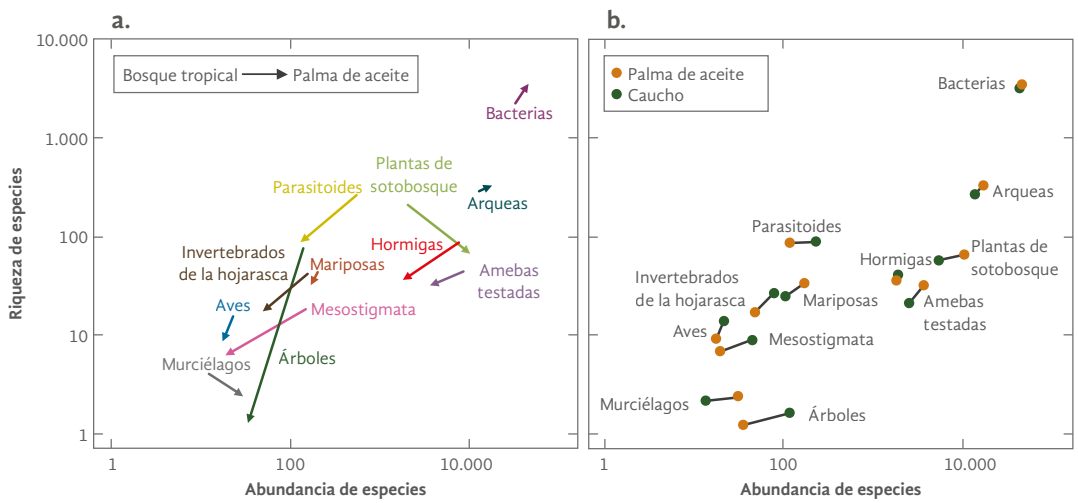
La palma de aceite es cultivada por grandes compañías y pequeños productores. Varios estudios han analizado los efectos del cultivo y su expansión sobre el crecimiento económico y otras dimensiones del bie nestar humano. Como en la sección anterior tratamos los efectos ambientales, en esta sección iniciamos 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), Krashevska *et al.* (2016), Rembold *et al.* (2017), Sahner *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. Kubitza 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 (Krishnaetal, 2017a; Kubitzaetal, 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).

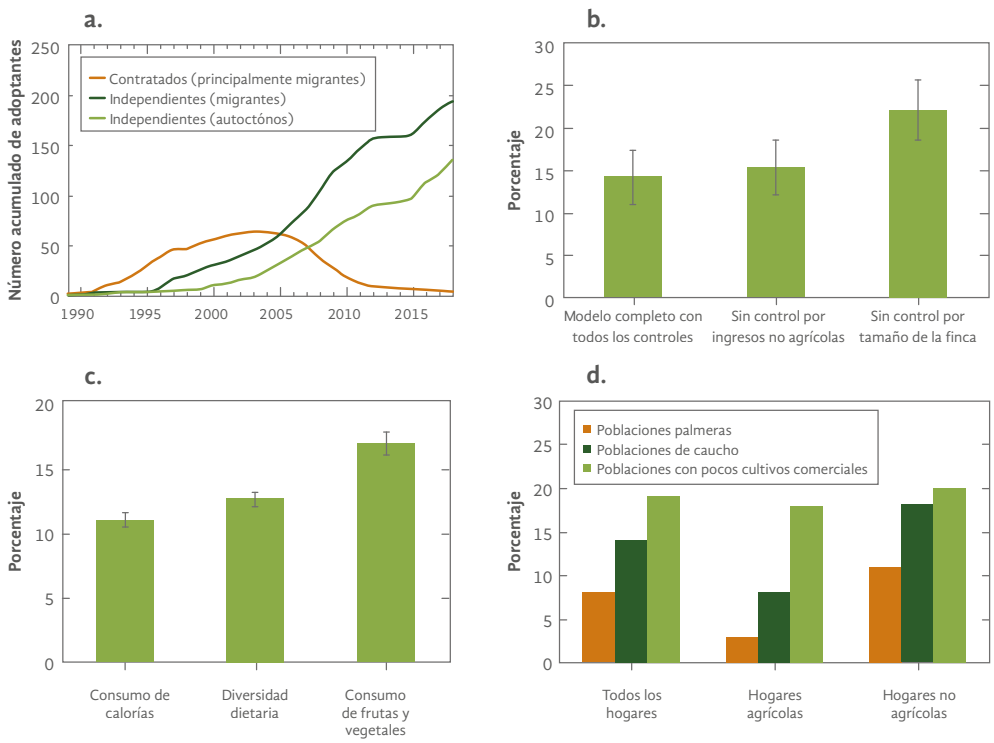
La adopción de la palma de aceite por pequeños productores a finales de la década de los ochenta y comienzos de la de los noventa comenzó mediante esquemas de contratación, pero desde mediados de esa década, los pequeños productores también adoptaron la palma de aceite de manera independiente, es decir, 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; Kubitza *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; Kubitza *et al.*, 2019; Kubitza 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 instrumentos 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 (Tscharntke *et al*., 2015). En cualquier caso, la certificación es un complemento no un substituto 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; Kubitza *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., Dompreh 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 .

Alwarritzi 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., Claytond 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., Kubitza 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-Embid 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.

Krashevska 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., Kubitza C., Pascual U., Qaim M. 2017b. Land markets, property rights, and deforestation: insights from Indonesia. *World Dev*. 99:335-49.

Kubitza 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*. EFForTS Discuss. Pap. 26, Univ. Goettingen.

Kubitza C., Gehrke E. 2018. *Why does a Labor-saving Technology Decrease Fertility Rates? Evidence from the Oil Palm Boom in Indonesia*. EFForTS Discuss. Pap. 22, Univ. Goettingen.

Kubitza 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.

Kubitza 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.

Meijide 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., Röll A., Guillaume T., Meijide 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., Kusrini M, Tscharntke 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., Krashevska 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., Naqiuddin MH., Fadila AM., Nor Azwani AB., *et al*. 2018. Designing the oil palm of the future. *J. Oil Palm Res*. 29:440-45.

MANOS COLOMBIANAS CULTIVAN Y PRODUCEN EL ACEITE DE PALMA EN ESTA TIERRA, Y AHORA MÁS QUE NUNCA ESTÁN **UNIDAS PARA CONSTRUIR UN FUTURO MEJOR.**

SIEM PRE CONTI GO

ACEITE DE PALMA — 100% — COLOMBIANO

SOMOS FRUTO DEL CAMPO *COLOMBIANO*

fedepalma | cenipalma

CON EL APOYO DEL FONDO DE FOMENTO PALMERO

Tendencias en las elecciones de agroalimentos para la salud desde la década de 1960: el caso de los ácidos grasos*

Trends in Agri-food Choices for Health since the 1960s: The Case of Fatty Acids

Citación: Duru, M. Tendencias en las elecciones de agroalimentos para la salud desde la década de 1960: el caso de los ácidos grasos (Traductor Arenas, C.). *Palmas, 41*(2), 79-97.

Palabras clave: aceite, ácidos grasos poliinsaturados, ácidos grasos saturados, alimentación, carne, dieta, productos lácteos.

Keywords: Dairy products, diet, feed, meat, oil, polyunsaturated fatty acids, saturated fatty acids

* Traducido del original Trends in Agri-food Choices for Health since the 1960s: the Case of Fatty Acids, publicado en OCL 26, 44. https://doi.org/10.1051/ocl/2019038

© M. Duru, publicado por EDP Sciences, 2019

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que el trabajo original sea debidamente citado.

Duru Michel
UMR, AGIR, INRA, Université de Toulouse
michel.duru@inra.fr

Resumen

La composición de ácidos grasos (AG) en la dieta afecta nuestra salud: el exceso de ácidos grasos saturados (AGS) y los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) n-6 son un factor de riesgo para varias enfermedades crónicas, mientras que los AGPI n-3 tienen una función protectora. Estos AG deben considerarse en conjunto, pues una relación excesivamente alta entre n-6 y n-3 está vinculada con un fuerte efecto proinflamatorio. Hemos reconstruido la composición

de AG en la dieta de los franceses, desde la década de 1960 hasta hoy, para identificar los principales motivos de las reducciones o aumentos en el contenido de ácidos grasos debido a la agricultura, el procesamiento de alimentos o las elecciones alimentarias. Entre las décadas de 1960 y de 1990, los niveles de AGS y AGPI n-6 en la dieta aumentaron y es probable que los de AGPI n-3 disminuyeran. En consecuencia, los comportamientos alimentarios no siguieron las recomendaciones dietarias. En el caso de los AGS, esto se debió a un fuerte aumento en el consumo de queso y, en menor medida, de aceite de palma. En el caso de los AGPI n-6, se debió a un fuerte aumento en el consumo de aceite, especialmente del linoleico de girasol. En cuanto al AGPI n-3, se debió principalmente a la sustitución de pasto por harina de maíz y soya para alimentar a los rumiantes. Esta tendencia se invirtió a partir de la década del 2000: el nivel de AGS se redujo debido a un menor consumo de aceite de palma y al mejoramiento genético de cerdos y aves de corral; el nivel de AGPI n-6 se redujo debido a un mayor consumo de aceite de girasol oleico en vez de linoleico y el nivel de AGPI n-3 aumentó debido a un mayor consumo de aceite de canola. Estos cambios son consistentes con la composición de AG observada en la leche materna. No obstante, a pesar de estas mejoras, la composición dietaria de ácidos grasos promedio sigue estando muy apartada de las recomendaciones, especialmente para AGPI n-3. Mostramos el potencial para mejorar suplementando la alimentación animal con linaza y aumentando el consumo de aceite de canola y de girasol oleico a expensas de otros aceites.

Abstract

The FA composition of our diet affects human health: SFAs and n-6 PUFAs in excess are a risk factor for a number of chronic diseases, while n-3 PUFAs have a protective role. These FAs should be considered together, since an excessively high n-6: n-3 ratio is linked to a strong pro-inflammatory effect. We reconstructed the FA composition of the French diet from the 1960s to the present to identify the main reasons for decreases or increases due to agriculture, food processing or food choices. From the 1960s to the late 1990s, the diet increased in SFA and n-6 PUFA levels and likely decreased in n-3 PUFA level.

Consequently, food behaviors did not follow dietary recommendations. For SFAs, this was due to the sharp increase in cheese and, to a smaller extent, palm oil consumption. For n-6 PUFAs, it was due to the sharp increase in oil consumption, especially linoleic sunflower oil. For n-3 PUFAs, this was due mainly to replacement of grass by maize and soybean meal to ruminants. This trend has reversed since the 2000s: the SFA level decreased due to decreased consumption of palm oil and genetic improvements in pigs and poultry, n-6 PUFA level decreased due to increased consumption of oleic instead of linoleic sunflower oil, and n-3 PUFA level increased due to increased consumption of rapeseed oil. These changes are consistent with the FA composition observed in breast milk. Despite these improvements, however, the average dietary composition remains far from the recommendations, especially for n-3 PUFAs. We show the potential for improvement by supplementing animal feed with flaxseed and increasing consumption of oleic sunflower and rapeseed oils, at the expense of that of other oils.

Introducción

El impacto de los ácidos grasos saturados (AGS) en la agricultura y el procesamiento de alimentos sobre la salud humana ha sido reiteradamente publicado durante mucho tiempo. Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), cuyos aportes y balances son altamente influenciados por las prácticas de alimentación de los animales de finca, las fincas utilizadas en la industria alimentaria y los aceites usados por los consumidores, han recibido mucha menos atención. Varios autores se enfocan en asuntos de salud pública relacionados con los grandes cambios en el perfil de ácidos grasos (AG) en la dieta occidental, que han resultado de cambios progresivos

en las prácticas agrícolas, los procesos industriales y las tendencias de consumo desde mediados del siglo XX.

Las recomendaciones sobre el consumo de grasas han cambiado en las últimas décadas (Legrand, 2013). Existe un creciente consenso internacional para los límites superiores al consumo de AGS, la ingesta mínima alcanzable de AGPI n-3 y el balance entre la ingesta de AGPI n-6 y n-3 (proporción <5), especialmente cuando existe una deficiencia de AGPI n-3 (Anses, 2011). La ingesta de estos AG entre la década de 1960 y del 2000 se estimó con base en las principales fuentes de AG consumidas (aceites y productos animales), que contienen más AGPI n-6 y menos AGPI n-3 que lo recomendado (Ailhaud *et al.,* 2006). La discrepancia entre la ingesta y las recomendaciones aumentó durante este periodo (Simopoulos, 2007; Molendi-Coste *et al.*, 2011), lo que resultó en la implementación de políticas públicas. Lanzado en 2001, el Programa Nacional de Salud y Nutrición de Francia (PNNS, por sus siglas en francés) es un plan de salud pública establecido para mejorar la salud de la población francesa, enfocándose en la nutrición, y es reconocido como uno de los principales determinantes de la salud humana. El PNNS 2001-2005 sugirió limitar el aporte promedio de AG totales a menos del 35 % de la ingesta calórica diaria, con una reducción del 25 % en la ingesta de AGS. En 2011, la Agencia Francesa de Alimentos, Medio Ambiente y Salud y Seguridad Ocupacional (ANSES, por sus siglas en francés) actualizó las ingestas dietéticas de AG, especialmente de AGS.

ANSES modificó las recomendaciones significativamente en 2017. Para AG, se enfocaron particularmente en los beneficios de consumir aceites vegetales ricos en ácido alfa-linolénico (ALA), un AGPI n-3, como los aceites de canola y nuez. Las recomendaciones también hicieron énfasis en la necesidad de reducir en gran medida el consumo de carnes frías (por ejemplo, jamón, salami, salchichas, paté), a no más de 25 g/día, y no consumir más de 500 g de carne (por ejemplo, res, cerdo, cordero, pero no aves de corral) por semana. Esto reafirmó los beneficios del consumo de pescado, incluyendo los grasosos como sardinas y verdel dos veces por semana.[1] Estas recomendaciones son consistentes con los estudios epidemiológicos que muestran los beneficios de una dieta mediterránea, caracterizada por una ingesta relativamente alta de grasas (40-50 % del total de calorías diarias), de las cuales los AGS conforman ≤ 8 % y los AG monoinsaturados, principalmente de aceite de oliva, conforman del 15 % al 25 % de las calorías. La dieta se caracteriza por una alta ingesta de AGPI n-3 de fuentes vegetales y pescado, y una baja relación de AGPI n-6:n3 de 2:1-1:1 (Casas, 2014).

Analizar los impactos sobre la salud es una tarea completa que ha evolucionado en las últimas décadas. Los principales efectos estudiados de los AG sobre esta han sido las enfermedades cardiovasculares, primero debido a los AGS, pero más recientemente debido a los AGPI y a los AG monoinsaturados. Estos AG, entre otros, regulan la energía y el metabolismo del colesterol (Hammad *et al.*, 2015; Silva Figueiredo *et al.*, 2017). Actualmente, está bien establecido que una relación n-6:n-3 excesivamente alta está relacionada con un fuerte efecto proinflamatorio, lo que lleva a enfermedades inflamatorias de bajo grado (Sanders, 2014). Los estudios más recientes examinaron los cambios en la diversidad y función de la microbiota intestinal para considerar los efectos complejos de los AG en los procesos oxidativos e inflamatorios, que fueron inducidos por estos cambios (Rocha *et al.*, 2016). La composición de grasas en la dieta influye en gran medida en las funciones de la microbiota intestinal y de la barrera intestinal. El exceso de AGS, especialmente de ácido palmítico y AGPI n-6, aumenta el riesgo de disbiosis e inflamación. Por el contrario, los AGPI n-3 previenen la disbiosis por n-6 y reducen el riesgo de inflamación (Alcock y Lin, 2015). Adicionalmente, la relación de AGPI n-6:n-3 determina la cantidad de ácido araquidónico disponible en el tejido adiposo, el cual estimula la diferenciación celular (Pisani *et al.*, 2015), que conduce a la obesidad (Simopoulos, 2016). Las dietas ricas en AGS pueden promover el crecimiento de potenciales patógenos (bacterias gramnegativas y lipopolisacáridos derivados) que tienen efectos inflamatorios, pues generan compuestos citotóxicos (Sanz *et al.*, 2015). Hoy en día es evidente que los AG, ya sea directamente o a través de sus metabolitos, actúan a través de varias vías de transducción de señales para afectar varios procesos metabólicos inflamatorios y otros procesos biológicos que tienen efectos sobre el riesgo y la progresión de varias afecciones crónicas, incluyendo

1 https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/35744/683783.

enfermedades cardiovasculares, obesidad, cáncer y artritis. Un mecanismo importante de detección de AG es la estimulación o inhibición de transcripción de ADN (Georgiadi y Kersten, 2012). Una dieta mediterránea tiende a reducir estos riesgos mediante su influencia en la diversidad de la microbiota intestinal (Del Chierico *et al.*, 2014).

Dado que algunas veces los AG interactúan con efectos opuestos (AGS versus AGPI n-3), con efectos de umbral para AGPI n-6 por medio de su influencia sobre la microbiota intestinal (Xiang *et al.*, 2019), la inflamación metabólica y el metabolismo hepático (Pereira de Castro *et al.*, 2017), es necesario considerarlas en conjunto para determinar su composición en la dieta. Esta composición puede variar debido a cambios en las cantidades de fuentes de AG (por ejemplo, productos de origen animal, aceites) o a cambios en la composición de AG de estas fuentes como resultado de prácticas agrícolas, especialmente para productos de origen animal. Los impactos de los productos de origen animal en la salud dependen de su composición de AG (Barendse, 2014).

Nuestro objetivo era evaluar la variabilidad en el consumo de AG a largo plazo para reconocer qué cambios importantes en la agricultura, los sistemas agroalimentarios y el procesamiento de alimentos, explicaron las dinámicas observadas. La originalidad de nuestro estudio está dada en la identificación de prácticas agrícolas, de procesamiento y de consumo que generaron cambios en las tendencias de ingesta de AG. Elegimos áreas de progreso en cada uno de estos tres campos según su impacto previsto y luego las examinamos. Por último, examinamos si los cambios en el consumo de AG coincidían con la transición nutricional.

Materiales y métodos

Para estimar los cambios en la composición de AG de la dieta en Francia, se compiló y comparó una variedad de fuentes de datos disponibles. Para la composición dietaria, los estimados más recientes se obtuvieron de la encuesta nacional individual francesa sobre el consumo de alimentos INCA, realizada en 1997 (INCA 1), 2006-7 (INCA 2) y 2017 (INCA 3). Se utilizó la base de datos CIQUAL (Ciqual, 2013) para obtener la composición de AG de los productos en la dieta. El consumo de AG solo se estimó desde INCA 2.

Las estimaciones durante un periodo más largo (por ejemplo, desde 1960) se basaron en las cantidades de productos crudos suministrados y su contenido de AG. Para caracterizar las tendencias en su consumo, se compararon varios estudios basados en productos crudos suministrados, pero que tenían un contenido de AG diferente en los alimentos. Para la composición de AG de los alimentos en países europeos, la FAO utilizó una base de datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), dado que la composición de AG de productos de origen animal permaneció constante durante el periodo de estudio (Schmidhuber, 2007). En contraste, Ailhaud *et al.* (2006) compilaron resultados de varias fuentes que consideraron, o no, cambios en la composición de AG de productos de origen animal (especialmente rumiantes) (en adelante, "Ailhaud, corregido"). En ambos casos, esto representó el consumo "aparente", dado que no siempre se incluyeron las porciones no consumibles o desechadas de los productos. Un tercer método se enfocó en la composición de AG de la leche materna, utilizando algunas correcciones para conectar la dieta con los contenidos de AGPI n-3 y n-6 de la leche (Guesnet *et al.*, 2009); no obstante, estos datos solo estuvieron disponibles por algunos años.

Para identificar grandes cambios que afectaron la composición de la dieta francesa, primero comparamos las principales fuentes de AG de acuerdo con su contenido de AGS y AGPI. Los cambios en la agricultura afectan la composición de los productos de origen animal, mientras que los cambios en el procesamiento de alimentos o la elección de alimentos afectan la cantidad y la naturaleza de los aceites utilizados, ya sea que se consuman directamente o se incluyan en alimentos procesados. Para la dimensión prospectiva de nuestro estudio (sección: Cambios en la composición de ácidos grasos de la dieta de los franceses), una opción fue mejorar la composición de AGPI de productos de origen animal a través de raciones animales. Por ejemplo, la marca Bleu-Blanc-Coeur® (BBC) garantiza un contenido mínimo de AGPI n-3 en productos para animales, estableciendo especificaciones para las prácticas de alimentación.[2] Las prácticas están basadas en el pienso (p. ej. pasto, alfalfa, linaza) con un alto contenido de

2 Estas prácticas tienen otras ventajas, como una mejor salud de los animales y menores emisiones de gases de efecto invernadero.

ALA. Tales cambios en las prácticas de alimentación han resultado en la comercialización de productos de origen animal con una mejor composición de AG que los obtenidos de la producción convencional, y cumplen con las recomendaciones nutricionales como mayores AGPI n-3, una disminución en la relación AGPI n-6:n-3 y AGS reducidos (véase, p. ej. Kouba y Mourot, 2011). Esta composición de AG varía, en gran medida, dependiendo del corte de la carne o del tipo de carne fría considerada; por lo tanto, elegimos la base de datos de la asociación BBC (Schmitt *et al.*, 2018) para obtener un análisis de los mismos cortes de carne o productos lácteos de raciones convencionales de pienso o raciones BBC. Se eligió la base de datos de BBC en vez de la base de datos CIQUAL porque esta última no contiene productos de origen animal derivados de animales alimentados con pienso complementado con linaza.

Posteriormente, recolectamos datos sobre los estimados del consumo diario de AG para analizar las principales tendencias de los últimos 50 años: Schmidhuber (2017) y Ailhaud *et al.* (2006), desde la década de 1960 hasta la década del 2000, INCA 2 (2006) e INCA 3 (2012). Por último, para determinar los factores más importantes, interpretamos los cambios en el consumo aparente de AG de: (i) cambios en la agricultura, especialmente la producción de rumiantes (cantidades de concentrados de pienso utilizados, tipos de forraje y materias primas y cambios estimados en el consumo de leche, productos lácteos y carne), y (ii) el procesamiento y elecciones de alimentos (cantidades de productos de origen animal y aceites consumidos). Con base en estos hallazgos, identificamos las vías más prometedoras en la agricultura y en las elecciones de consumo para cumplir con las recomendaciones dietarias promedio y luego estimamos sus efectos.

Resultados y discusión

Composición de ácidos grasos de materias primas agrícolas

Para los productos de origen animal, el contenido de AGS son mayores en la mantequilla y el queso, seguido de las carnes frías. Las carnes tienen un menor contenido de AGS (Figura 1a). Los contenidos de AGPI n-6 son mayores para las carnes frías y menores para la carne de res y el queso (Figura 1b). La carne de res tiene menos valores extremos de contenido de AG, a diferencia de cortes de cerdo y aves de corral, dado que los muslos de pollo, por ejemplo, contienen más AGS que la carne blanca (Figuras 1a y 1b). El contenido medio de AGPI n-3 es más alto en el queso y la mantequilla (Figura 1b). Para cortes de cerdo y aves de corral, los contenidos de AGPI n-6 y n-3 tienen una correlación positiva (relación AGPI n-6:n-3 = 11-14 en carne de cerdo, 8-10 en pollo y conejo, y 3-4 en carne de res). La relación AGPI n-6:n-3 es más alta (aprox. 10) en carnes frías, carne de cerdo y aves de corral, mientras que es <5 en productos derivados del ganado; por lo tanto, estos últimos están "equilibrados" según las recomendaciones (es decir, una relación <5) (Figura 1b). Dadas las relaciones entre los AG, las salchichas, el queso y la mantequilla deberían ser un foco importante para generar cambios en el consumo.

Entre los AGPI n-3 y n-6, los aceites contienen únicamente ALA y ácido linoleico (AL), respectivamente. Entre los aceites, el de palma contiene muchos más AGS (50 %) que todos los otros aceites (<15 %). Al analizar los contenidos de AL y ALA (Figura 1c), los aceites de maní, girasol oleico y oliva tienen composiciones similares: poco AL y casi no tienen ALA. Los aceites linoleicos de girasol y maíz contienen más del 50 % de AL y el aceite de canola tiene 9 % de ALA; el aceite de soya es rico en AL (58 %) y ALA (7 %). Estas distinciones sugieren la necesidad de diferenciar en detalle los tipos de aceites consumidos.

Cambios en la composición de ácidos grasos de la dieta de los franceses

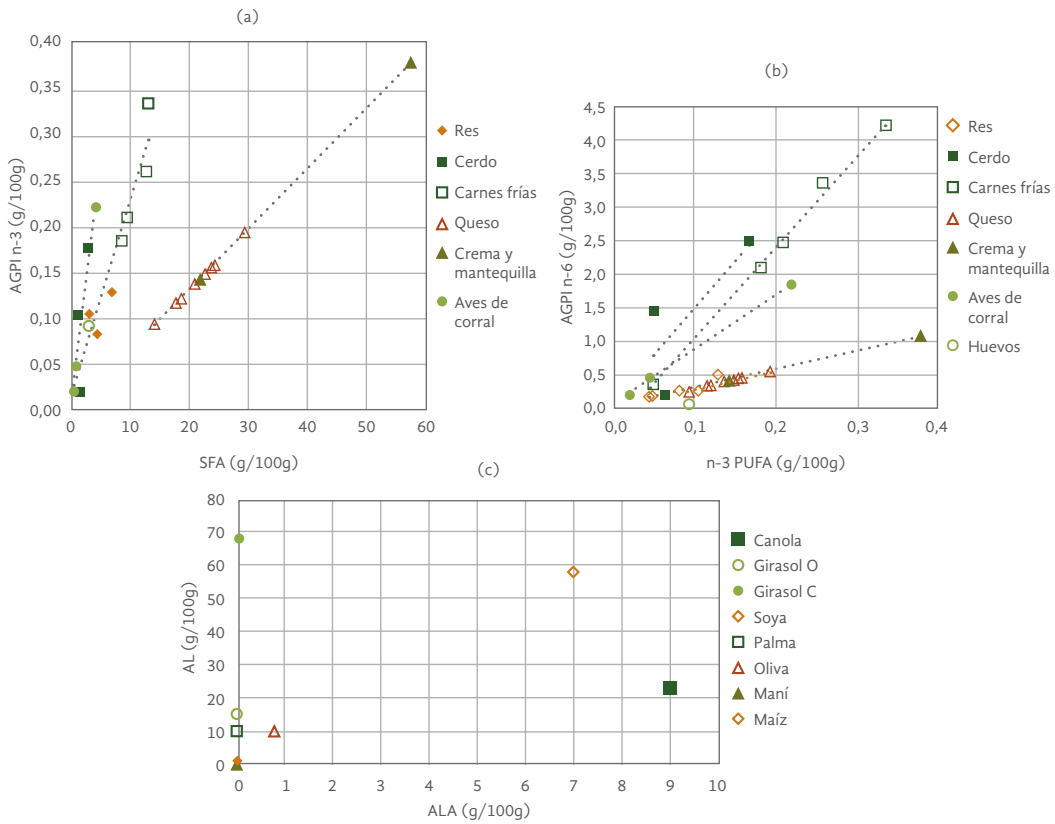
Ácidos grasos saturados

Entre 1961 y 2002, los datos compilados por Schmidhuber (2007) y por Ailhaud *et al.* (2006) muestran un aumento consistente en los niveles de AGS en la dieta. Ambos estudios del INCA mostraron niveles mucho más bajos, y se observó que hubo una reducción en estas fechas (2006 y 2012) (Figura 2a).

Ácidos grasos poliinsaturados

Entre 1960 y 2002 el nivel de AGPI n-6 aumentó mucho más rápido que el de AGPI n-3 (Figura 2b); en

Figura 1. a: relación entre AGPI n-3 y AGS para un rango de alimentos y productos de origen animal (los puntos con el mismo símbolo representan una variedad de productos o un grupo alimentario determinado). Los productos con símbolos diferentes se relacionan a continuación (Schmitt *et al*., 2018). Carne de res: carne de res molida 15 % de grasa, rosbif (parte superior), paleta de res; filete de res asado (espaldilla); cerdo: filete de costilla, chuleta de cerdo, costillas de cerdo, lomo de cerdo (*Longissimus dorsi*); aves de corral: pierna de pollo, pechuga de pollo y conejo; carnes frías: lardones, jamón cocido, paté, salchicha seca, salchicha (promedio); queso: camembert 20 % grasa, queso emmental, gruyer rayado, queso de cabra, queso oveja roquefort, queso tomme, queso no curado para untar 42 % de grasa, queso comté. b: relación entre AGPI n-6 y n-3 para una variedad de alimentos y productos de origen animal (ver convención en Figura 1a). c: relación entre AL y ALA para una variedad de aceites vegetales. Girasol O para oleico; girasol C para linoleico; AL y ALA son, respectivamente, 15,5 y 56 g/100 g para el aceite de linaza.



consecuencia, la relación AGPI n-6:n3 aumentó considerablemente (Figura 2c). Durante este periodo, los cambios en la ingesta de AGPI n-3 aumentaron o disminuyeron dependiendo del método utilizado (Figura 2d). Los estimados basados en las estadísticas de la FAO muestran un aumento, mientras que los de "Alihaud, corregido" indican una reducción. Desde el año 2000, la ingesta de AGPI n-6 ha disminuido y la de AGPI n-3 ha aumentado para las estimaciones de los estudios de INCA, la composición de la leche materna y Duru y Magrini (2017), resultando en una menor relación AGPI n-6:n-3. A mediados de la década del 2000 se observó una brecha sustancial para el nivel de AGPI n-6 (Figura 2b, eje y), probablemente debido a diferencias en los métodos. El método indirecto, que no incluye las pérdidas y desperdicios, indicó mayores valores para este. Para la tendencia en el nivel de AGPI n-3 las diferencias observadas entre los métodos fueron consistentes con las de Blasbalg *et al.* (2011), quienes mostraron la influencia que tienen los cambios en las dietas de animales en Estados Unidos sobre el nivel de AGPI n-3 en la dieta humana.

Aunque provienen de diferentes fuentes y métodos, estos resultados muestran un aumento en los niveles de AGS y AGPI n-6, y un crecimiento en la relación AGPI n-6:n-3 desde la década de 1960 hasta finales de la década de 1990, seguido de una mejor tendencia para la salud, de los tres AG. No obstante, parece que los valores observados en 2014 no volvieron a los observados en 1960. Según el último estudio de INCA (2017), las discrepancias de las recomendaciones siguen siendo obvias para los AG, la relación AGPI n-6:n-3 y, especialmente, el nivel de AGPI n-3.

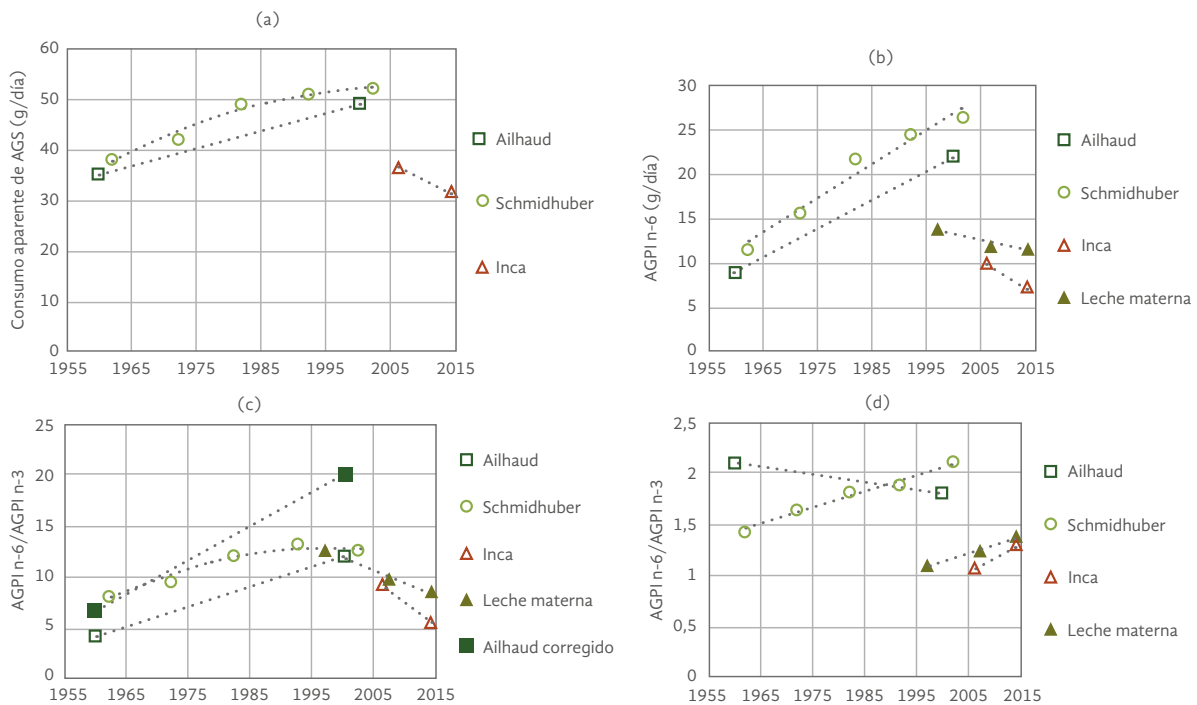
Cambios en los sistemas agroalimentarios que cambiaron la composición de ácidos grasos en la dieta de los franceses

Cambios relacionados con los productos de origen animal

Desde la década de 1960 hasta el presente

Las prácticas de alimentación del ganado determinan, en gran medida, la composición de todos los productos de origen animal (por ejemplo, leche, carne,

Figura 2. a: tendencias en el consumo diario aparente de AGS (g/día) per cápita en Francia: métodos indirectos (suministros de alimentos: Ailhaud y Schmidhuber) y directos (ingesta de alimentos en la dieta x composición: INCA). b: tendencias en el consumo diario aparente de AGPI n-6 per cápita en Francia: métodos indirectos (suministros de alimentos: Ailhaud y Schmidhuber) y directos (ingesta de alimentos en la dieta x composición: INCA) y composición de la leche materna (Couëdelo *et al.*, 2014). c. tendencias de AGPI n-6/n-3 per cápita en Francia: métodos indirectos (suministros de alimentos: Ailhaud y Schmidhuber) y directos (ingesta de alimentos en la dieta x composición: INCA) y composición de la leche materna (Couëdelo *et al.*, 2014). Alihaud corregido: se considera el cambio en el sistema de alimentación de animales. d: tendencias en el consumo diario aparente de AGPI n-3 (g/día) per cápita en Francia: métodos indirectos (suministros de alimentos: Ailhaud y Schmidhuber) y directos (ingesta de alimentos en la dieta x composición: INCA) y composición de la leche materna (Couëdelo *et al.*, 2014).

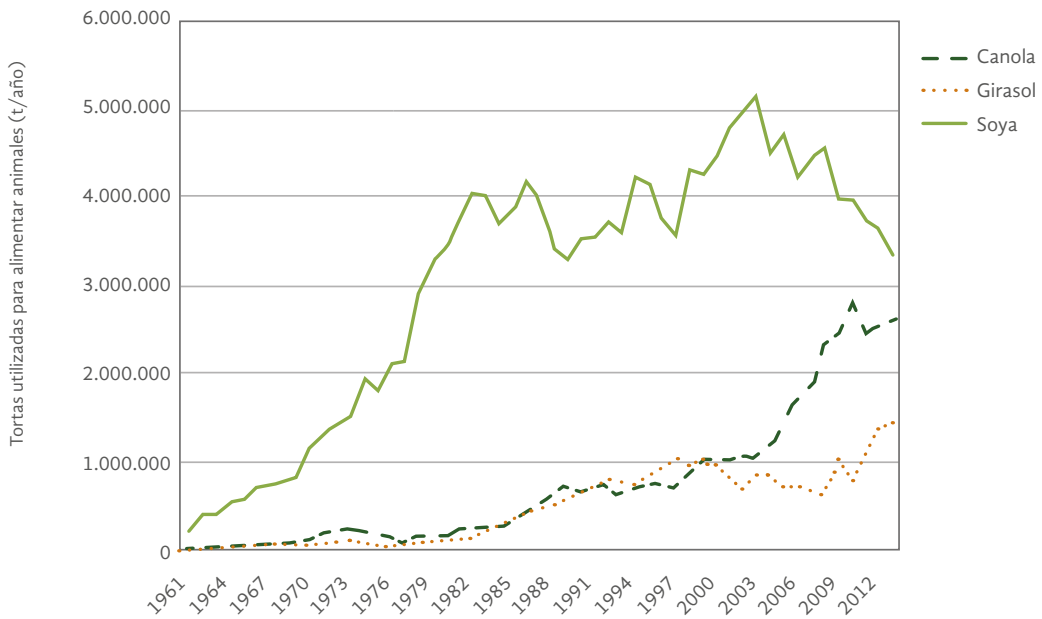


huevos) (Duru y Magrini, 2016). El contenido de AGPI n-3 aumenta con la proporción de pasto consumida en las raciones de rumiantes e incluso en monogástricos (cerdos y aves de corral), mientras que los cereales reducen el contenido. Adicionalmente, los aceites en los concentrados de pienso o los aceites residuales en las porciones pueden reducir o amplificar estos efectos, dependiendo de sus características (Duru y Magrini, 2016). Añadir aceite o harina de canola a las raciones de los animales reduce las relaciones AL:ALA y AGPI n-6:n-3 de sus productos, en comparación con la adición de harina de soya. Añadir girasol (harina o aceite) aumenta la relación AL:ALA en gran medida (de 13 a 28), en comparación con una ración de control de harina de soya (Majewska *et al*., 2016). Marin *et al.* (2012) demostró la influencia del tipo de aceite añadido a las dietas de las cabras sobre la composición de AGPI de su leche: la relación AL:ALA fue alta (aprox. 9) con aceite de girasol linoleico, media (aprox. 7,5) con aceite de girasol oleico y baja (aprox. 4) con aceite de linaza. El efecto desequilibrante de ambos tipos de aceite de girasol y el efecto equilibrante del aceite de linaza aumentaron con la cantidad de aceite añadido (Marín *et al*., 2012). En el caso de la carne de cerdo, Guillevic *et al*. (2009) demostraron que reemplazar las semillas de girasol por linaza en la dieta de los cerdos aumentó el contenido de ALA en el músculo y en la grasa por un factor de aproximadamente 6 y redujo el contenido de AL en aproximadamente 20 %. Se reportaron resultados similares para la leche de vaca (Glasser *et al*., 2008) para la cual añadir linaza a una dieta vacuna basada en maíz proporcionaba un contenido de ALA similar al obtenido con una dieta basada en pasto (Hurtaud *et al*., 2014).

Las cantidades de concentrados de pienso utilizadas en Francia durante el periodo de estudio aumentaron sustancialmente (Figura 3): entre comienzos de la década de 1960 y finales de la década de 1990 se utilizaron grandes cantidades de soya, mientras que la canola se ha utilizado cada vez más desde comienzos de la década del 2000. El aumento fue menor para la harina de girasol.

Los cambios en las prácticas de alimentación de los rumiantes están muy documentados. Entre la década de 1960 y la del 2000, la alimentación cambió de una dieta basada en pasto a un sistema dominado por el ensilado de maíz y la soya (Tabla 1). En la actualidad, aproximadamente el 40 % de la leche en Francia se produce a partir de raciones basadas en pasto (Duru

Figura 3. Tortas utilizadas para alimentar animales domésticos en Francia (Fuente: FAO)



y Magrini, 2017), con el resto producido a partir de raciones basadas principalmente en maíz y soya; este último reduce el contenido de AGPI n-3 en la carne y la leche. El consumo aparente per cápita de leche, productos lácteos y carne en Francia alcanzó su pico a comienzos de la década de 1990 (Figura 4). En el caso de los productos lácteos, el consumo de mantequilla per cápita se ha reducido desde el comienzo de la década de 1980, mientras que el de queso y crema ha aumentado dramáticamente desde comienzos de la década del 2000. El consumo de carne de res se estabilizó a comienzos de la década de 1980 (Figura 4). Considerando el consumo de productos lácteos y el contenido graso de la leche, según el cambio en la alimentación de las vacas (forraje y concentrados), utilizando datos de Couvreur *et al.* (2006), encontramos que la ingesta de AGPI n-3 se redujo en 0,10 g/día entre 1961 y 2000 y en 0,01 g/día entre el año 2000 y el presente, respectivamente (datos no mostrados), mientras que el consumo de carne de res se redujo, resultando en una dieta menos balanceada en AGPI, dado que los productos de monogástricos tienden a tener una mayor relación de AGPI n-6:n-3 que los productos de rumiantes.

En resumen, para carne de res y productos lácteos entre 1960 y 2000, los cambios en el pienso de animales redujeron la ingesta de AGPI n-3 en al menos 0,12 g/día y aumentaron la de AGPI n-6 en 0,25 g/día. Estos valores pueden aumentar al considerar los cambios en la alimentación de cerdos y aves de corral. Para todos los productos de origen animal, Ailhaud *et al.* (2006) reportaron una reducción del 72 % en el contenido de AGPI n-3 entre 1960 y 2000, que es mayor que nuestra estimación para productos de rumiantes (es decir, una reducción entre el 25 % y el 65 %, dependiendo de la suposición). Desde el año 2000, los cambios observados entre 1990 y el 2000 se han reducido y puede que las tendencias hayan mejorado debido a la alimentación con harina de canola, especialmente para el ganado.

Mejoras potenciales que resultan de alimentar a los animales con linaza

En el contexto de un menor consumo de carne, varios escenarios han propuesto priorizar pastizales para alimentar a los rumiantes. Por otro lado, los pastizales siguen siendo un nicho para cerdos y aves de corral, siendo objeto de fuertes críticas, pues estos animales tienen dietas cuyos cultivos compiten por el uso de la tierra con los cultivos para consumo humano (Van Zanten *et al.*, 2018). El consumo de linaza por los animales aumenta el contenido de AGPI n-3 de sus productos (Figura 5; Schmitt *et al.*, 2018). Dado que el contenido de AGPI n-6 se reduce ligeramente, la relación AGPI n-6:n-3 se vuelve <4 para todos los productos de origen animal (Figura 5). Actualmente, los productos de BBC, que garantizan un contenido mínimo de AGPI n-3, representan el 10 % del volumen de la producción francesa de carne de cerdo, el 5 % de huevos, el 4 % de aves de corral y <1 % de leche y carnes rojas (N. Kerhoas, Asociación BBC, comunicación personal). Por estos motivos, simulamos

Tabla 1. Cambios en las áreas de maíz ensilado y pastizales, importaciones de harina de soya y de canola desde 1960 hasta el presente, con una evaluación de impacto cualitativo del equilibrio entre ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) n-3 y n-6. Los símbolos (+, =, -) indican tendencias en área (ensilado, pastizales) o cantidad (harinas) y su influencia sobre la relación AGPI n-6:m-3, respectivamente.

	Maíz ensilado y pasto					Soya		Canola	
Periodo	Maíz	Pastizales permanentes	Pastizales temporales	Alfalfa	Influencia en la relación AGPI	Importaciones	Influencia en la relación AGPI	Suministro	Influencia en la relación AGPI
1960-1980	++	=	+	--	--	+++	---	/	
1980-1990	++	--	-	-	--	++	--	/	
1990-2000	=	-	=	(-)	-	+	-	+	(+)
2000-presente	=	-	+	0	0	-	+	++	+

los efectos de cambiar a 100 % productos de carne de cerdo, huevos y aves de corral de BBC, sin cambiar sus niveles de consumo en la dieta: el suministro de AGPI n-6 pasó de 2,80 a 2,71 g/día y el de AGPI n-3 pasó de 0,22 a 1,02 g/día. Esta opción de por sí hace posible aumentar la ingesta de AGPI n-3 en 0,8 g/día y reducir la de AGPI n-6 en 0,09 g/día. Además de este beneficio para la salud, la linaza es un cultivo menor que genera aportes agronómicos a los sistemas de cultivo (Meynard *et al*., 2018).

Cambios en los aceites suministrados

De la década de 1960 al presente

Los principales cambios entre la década de 1960 y el presente incluyeron un aumento considerable en el consumo aparente de aceites, pasando de 20 a > 50 g/día, con el aceite de girasol representando hasta el 50 % hacia finales de la década de 1980, debido principalmente a una reducción drástica en el consumo

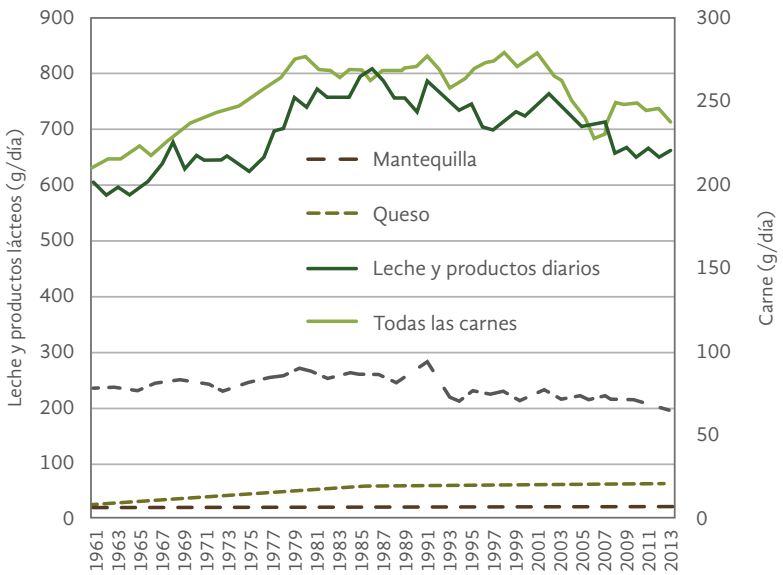


Figura 4. Tendencias del consumo aparente de carne, leche y productos lácteos per cápita en Francia. (Fuente: FAO)

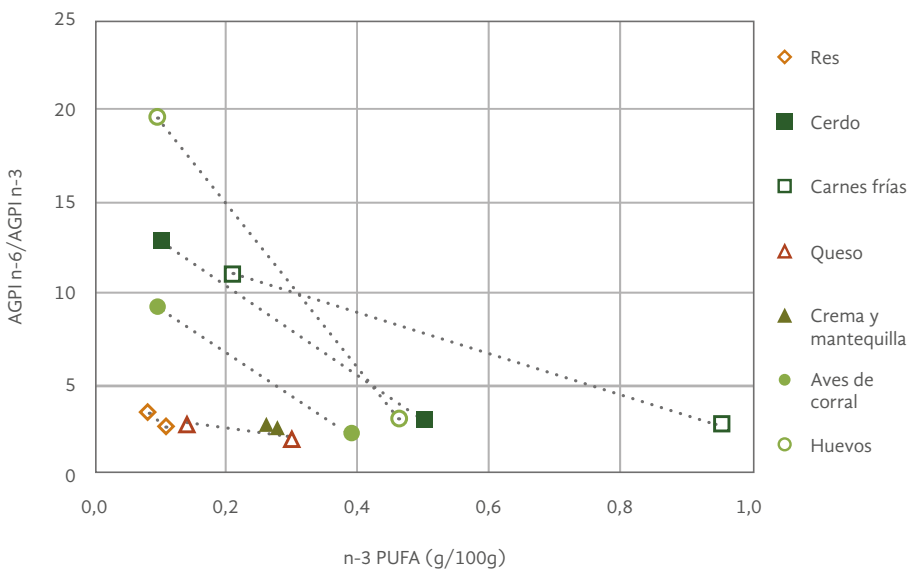
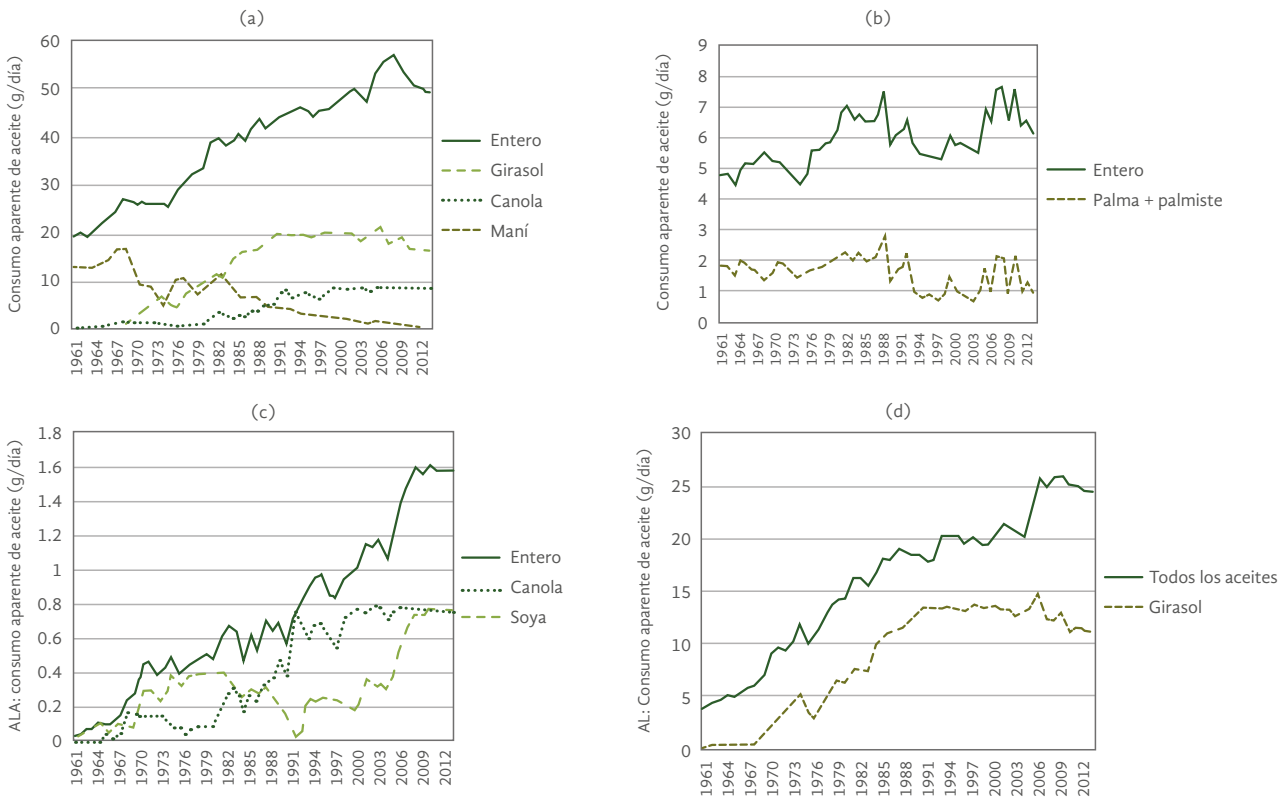


Figura 5. Relación entre la relación AGPI n-6/n-3 y AGPI n-3 para productos estándar (costado izquierdo de la línea) y mejorados (con adición de linaza, costado derecho de la línea) Schmitt *et al*. (2018)

de aceite de maní. Otros cambios relevantes fueron el comienzo del consumo del aceite de canola en 1980 y su aumento en la década de 1990, con un crecimiento constante en el consumo del de oliva, el aumento en el consumo de aceite de soya en la década de 1970 y nuevamente en la década de 1990 y el aumento en el consumo de aceite de palma, que llegó a su punto más alto a comienzos de la década de 1990 (Figura 6a). Estos aceites están cada vez más escondidos de los consumidores. Por ejemplo, a comienzos de la década de 1960 la mayoría de los aceites se consumían directamente, mientras que en 1980 las industrias agroalimentarias utilizaron el 38 % (Dilas, 2005).

El consumo aparente de AGS aumentó en aproximadamente 35 % desde 1960 hasta el presente y luego se estancó. Desde 1985, el consumo de aceite de palma pasó de aproximadamente 35 % al 15 % de aceites (Figura 6b). El consumo aparente de AL aumentó drásticamente durante 50 años (en un factor de 5), debido principalmente a un aumento en el consumo aparente de aceite de girasol, hasta finales de la década de 1980 (Figura 6c). Desde comienzos de la década del 2000, es probable que el aporte del aceite de girasol haya sido incluso menor que lo estimado (Figura 6c) dado que una porción se derivó del aceite de girasol oleico, que es menos rico en AL. La ingesta aparente de ALA de aceites aumentó drásticamente en la década de 1960 debido al consumo de aceite de soya y posteriormente a comienzos de la década de 1980 debido al consumo de aceite de canola. Estos dos contribuyeron la totalidad del suministro de ALA (Figura 6d).

Figura 6. a: consumo aparente per cápita de tres aceites y consumo total en Francia (fuente: FAO). b: consumo aparente per cápita de ácidos grasos saturados (AGS) para aceites enteros y aceite de palma en Francia (fuente: FAO). c: consumo aparente per cápita de ácido graso alfa-linolénico (ALA) para todos los aceites y aceite de girasol en Francia (fuente: FAO). d: consumo aparente per cápita de ácido graso linoleico (AL) para todos los aceites y aceites de girasol en Francia (fuente: FAO).



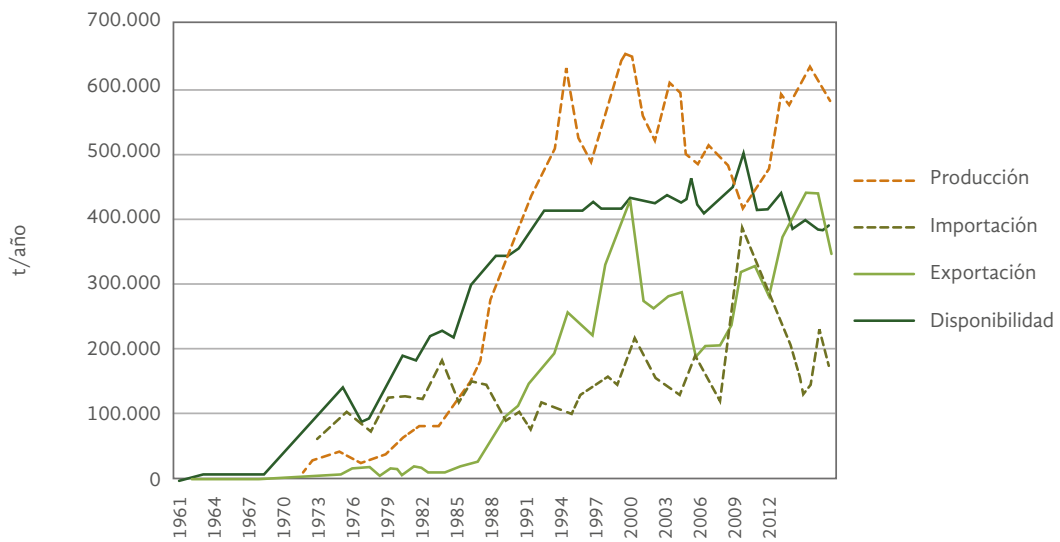
Posibles mejoras reemplazando los aceites

Más allá de reducir el consumo de aceites, especialmente en los alimentos industriales, una gran mejora fue reemplazar el aceite de girasol linoleico por oleico, cuya composición de AG es similar a la del aceite de oliva; así como reemplazar el aceite de soya por aceite de canola. El porcentaje de girasol oleico en el área de cultivo de girasoles en Francia aumentó un 10 % en 2001 y 50-60 % desde 2006 (TerreUnivia). Sin embargo, el análisis del comercio indica que la cantidad adecuada es igual a la media de $\frac{2}{3}$ de las exportaciones desde 2006 (Figura 7). Dado que Francia es el principal productor de girasol oleico en Europa, se asume que estas importaciones son casi que exclusivamente de aceite linoleico. Asumiendo que el 15-25 % del aceite de girasol consumido en Francia es oleico (Duru y Marini, 2017), se estima que el 66-80 % de este aceite es exportado. Invertir los porcentajes de consumo para asumir que el de girasol es del 25 % linoleico y 75 % oleico no cambia la ingesta de ALA, pero reduce el consumo aparente de AL en 4,5 g/día (23 %) y reduce la relación AL:ALA de 12 a 9. Adicionalmente, reemplazar la mitad del aceite de soya con aceite de canola reduciría el consumo aparente de AL en 1,6 g/día (es decir, 31 % menor que el presente) y aumentaría la ingesta de ALA en 0,2 g/día (es decir, 12 % más. Con base en estos dos cambios, la relación AL:ALA se reduce en 40 %.

¿Los cambios combinados en el ganado y los aceites explican las tendencias y cumplen con las recomendaciones de ácidos grasos en el futuro?

Comparamos las estimaciones del consumo aparente de AG calculadas durante los últimos 50 años o simuladas para el futuro con las necesidades fisiológicas y las ingestas dietarias recomendadas. Según ANSES (2011), la ingesta fisiológica mínima de AL y ALA es de 2,0 y 0,8 % de los aportes de energía, respectivamente, es decir, 4,0 y 1,6 g/día con un aporte de energía de 2.000 kcal, respectivamente (Tabla 2). El suministro nutricional recomendado de AL y ALA fue de 4 y 1 % del suministro de energía, es decir, 8,0 y 2,0 g/día, respectivamente (Anses, 2011), que corresponde a los requisitos de adultos y adolescentes que, en 2012, representaban el 88 % de la población francesa. La relación AL:ALA recomendada se estableció en 5 (Anses, 2011) o incluso menor (2) (Yang *et al.*, 2016) para prevenir ciertas enfermedades. Se establecieron recomendaciones de 250 g/día de ácido docosahexaenoico (DHA) y ácido eicosapentaenoico (EPA) debido a una deficiencia de ALA en la dieta de los franceses (Tabla 2).

Figura 7. Producción, importación, exportación y suministro de aceite de girasol en Francia. (fuente FAO).



Desde 1960 y hasta el presente, el queso y la mantequilla eran responsables del aumento en el consumo aparente de AGS, muy por encima del aceite de palma. El consumo de queso aumentó sustancialmente entre 1960 (27 g/día) y 2000 (76 g/día) para estabilizarse posteriormente (Figura 4). El consumo aparente de AGS con estos productos lácteos aumentó de 6 a 13 g/día, mientras que en aceites aumentó de 5,0 a 6,5 g/día durante el mismo periodo. La literatura reciente sugiere enfáticamente distinguir los AG de cadena larga (ácidos palmíticos, mirístico y láurico) de otros AGS porque en grandes cantidades son aterogénicos (Anses, 2011). Los contenidos de estos AGS son altos en el aceite de palma (50 %), bajos en la carne (<1 %) e intermedios en el queso (7,5 %), crema (10 %) y mantequilla (20 %), y el ácido palmítico constituye aproximadamente la mitad de los AGS en los productos lácteos, a diferencia del aceite de palma. En consecuencia, el aumento en estos AGS en la dieta durante el periodo de estudio fue de <1 g/día para aceites (0,8 g/día en 1961 a 1,7 g/día en 2013) y 2,5 g/día para queso (es decir, 14 g/día en 2013). En comparación, el estudio INCA 3 (2017) estimó una ingesta de 20 g/día para estos tres AGS (es decir, aproximadamente 70 % del consumo), cuando debería ser <16 g para un consumo de energía de 2.000 kcal (Anses, 2011). Este periodo también mostró un aumento mucho más rápido en la ingesta de AGPI n-6 que en la ingesta de AGPI n-3, aumentando las desviaciones de las recomendaciones. Si bien no se consideró la ingesta de pescados y mariscos, su consumo aparente per cápita pasó de <40 kg/año a >70 kg/año entre 1961 y 2013 en Francia,[3] contribuyendo así a un aumento en el nivel de AGPI n-3 en la dieta. El pescado proporcionó un promedio de 0,13 de AL y 0,05 g de ALA por día y per cápita durante el mismo periodo.

La brecha entre el suministro y las recomendaciones de AGS, AGPI n-6 y AGPI n-3 se ha reducido desde el 2000. Para los AGS, el consumo de queso no aumentó, mientras que el de mantequilla y aceite de palma se redujo. Es probable que la reducción en el consumo aparente de AGPI n-6 esté relacionada con un menor consumo de aceite de girasol linoleico. Es posible que el aumento en el consumo aparente de AGPI n-3 esté relacionado con el drástico incremento en el consumo de aceite de canola y, en menor medida, con el de productos monogástricos con la etiqueta de BBC. Los últimos dos cambios resultaron en una menor relación n-6:n-3. También obtuvieron una mejora en los tres indicadores de AG para la salud humana, y fueron consistentes con la mejora observada en la composición de AG de la leche materna (Figuras 2b y 2c).

Simulamos la combinación de los dos cambios mencionados anteriormente (alimentar con linaza a los cerdos y las aves de corral, y reemplazar los aceites en casa o en productos procesados) (Tabla 2). Estos cambios casi permitieron cumplir con el suministro recomendado de AGPI n-3 (en general, sin distinción entre DHA y EPA) e incluso superaron los requerimientos fisiológicos. Los productos de cerdo de BBC explicaron la mitad del aumento por sí solos. En contraste, los productos de BBC cambiaron el suministro de AGPI n-6 levemente, pero reemplazar los aceites lo cambió drásticamente, dependiendo en gran medida de la cantidad de aceite consumido.

Conclusión

Se estimó la ingesta de AG en la población francesa desde la década de 1960 utilizando varios métodos (composición dietaria y materias primas suministradas) y bases de datos de composición de alimentos. Dado que encontramos tendencias convergentes, esta diversidad hace que las estimaciones sean robustas y no presenten un obstáculo para identificar a los principales impulsores de dichas tendencias y así llegar a conclusiones.

La composición de AG de la dieta francesa promedio cambió drásticamente antes de la década del 2000. Este cambio estuvo relacionado con un aumento en la ingesta de AGS hasta la década de 1990 debido, en mayor medida, a un aumento en la cantidad de productos lácteos (especialmente queso) consumidos (+ 1,2 g/día) que al consumo de aceite (+ 2 g/día). La fuerte subida en la ingesta de AL se debió principalmente al aumento en las cantidades de aceite consumidas, especialmente el de girasol linoleico. Igualmente, la ingesta de AGPI n-3 aumentó en 0,5 g/día de aceites y se redujo en 0,1 g/día por productos de origen animal. A pesar de la incertidumbre en estas estimaciones, sobre el aporte de los productos de origen animal a la ingesta de AGPI n-3 y sobre el porcentaje de aceites no

3 http://www.fao.org/faostat/en/#home.

Tabla 2. Requerimientos, suministros y simulaciones de cambios en la dieta de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI). Requerimientos fisiológicos mínimos de AGPI para un adulto con un consumo calórico diario de 2.000 kcal (excluyendo alcohol).

	Criterio	ALA	EPA	DHA	AGPI n-3	AL	Relación AL:ALA	AGPI n-6
Requerimientos	Requerimientos fisiológicos (Anses, 2011)	1,6	0,5		2,1	4		
	Suministro nutricional recomendado[b]	2,0	0,5		2,5	8	<5	
Suministro	INCA 3	1,0	0,28		1,28; 1,05[d]	7	7	10,4[d]
Simulaciones	Suministro si los productos de cerdo y aves de corral son Bleu-Blanc-Coeur				+0,8			-0,09
	Suministro si se reemplazan ciertos aceites	+0,2			+0,2 (+0,1[a])	-6,1 (-3,0[a])		

[a] Si se consume 50 % del suministro de aceite.

[b] https://www.Anses.fr/fr/system/files/NUT2012SA0103Ra-2.pdf

[c] Canola en vez de soya, girasol oleico en vez de girasol linoleico.

[d] Schmitt *et al*. (2018).

consumidos, la relación AGPI n-6:n-3 aumentó entre 1960 y el presente. En resumen, las dos características que tienen un impacto negativo en la salud (nivel de AGS y relación AGPI n-6:n-3) aumentó durante este periodo, resaltando las desviaciones de las recomendaciones. Estas desviaciones, que llegaron a su punto más alto en la década de 1990, fueron un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, ya que eran concomitantes. Nótese que los cambios en el consumo de AG son un componente de la transición nutricional (Maire *et al.*, 2002).

Las mejoras ocurrieron en la década del 2000 y hasta 2013, debido principalmente a la estabilización en la composición de AG de productos de origen animal, en ausencia de cambios notables en las raciones suministradas a animales (forrajes, cereales). También es probable que fuera consecuencia de las mejoras resultantes de la introducción de harina y aceite de canola o la linaza en las raciones. Si bien el consumo total de aceite se estabilizó o disminuyó hacia el final del periodo estudiado, también hubo mejoras debido a un mayor consumo de aceite de canola y a un menor consumo de aceite de girasol, el cual contiene mucho menos AL. Estos cambios resultaron en una menor ingesta de AGS y AGPI n-6 y en una mayor ingesta de AGPI n-3, reduciendo la relación de AGPI n-6:n-3 durante este periodo, un resultado sustentado por la composición de AG observada en la leche materna. Este periodo puede definirse como el inicio de otra transición nutricional: el consumo de proteína animal disminuyó, mientras que el de productos procesados, incluyendo carnes, aumentó significativamente (Laisney, 2012). Por un lado, se espera que los múltiples cambios observados en los productos de origen animal y los aceites durante este periodo tengan efectos positivos para la salud, pues es probable que una dieta con menos productos animales tenga composiciones de aceites y AG que sean mejores opciones para la salud. Sin embargo, se pueden esperar efectos negativos si estos cambios son concomitantes con un mayor consumo de productos ultraprocesados (Srour *et al.*, 2019). Por último, a pesar de estas mejoras las estimaciones de consumo aparente de AG, incluso las basadas en encuestas (más precisas que estimaciones indirectas), siguen bastante apartadas de la ingesta dietaria recomendada, particularmente para los niveles de AGPI n-3 y la relación AGPI n-6:n-3.

Nuestro estudio reveló varios mecanismos que pueden generar mejoras en el perfil de consumo de AG para cumplir con la ingesta nutricional recomendada. Para

los productos de origen animal, parece que complementar las raciones de cerdos y aves de corral con linaza es un poderoso mecanismo, incluso una condición necesaria, para cambiar los productos cuya composición de AG sean menos favorables para la salud por los que contribuyan a esta. Esta práctica debe considerarse para las especies animales cuyas raciones compiten fuertemente por el uso de la tierra con los cultivos para consumo humano. Para los aceites, los problemas son más simples dado que existen reemplazos potenciales; sin embargo, el objetivo es reducir su consumo. En consecuencia, los cambios que se requieren para cumplir con las recomendaciones requieren la coordinación de políticas agrícolas (políticas de alimentación animal), procesamiento de alimentos (tipos de aceite en alimentos procesados) y políticas de salud para incentivar a los consumidores y partes interesadas a tomar acciones colectivas para promover cambios apropiados en la dieta.

Abreviaturas

ALA	Ácido alfa-linoleico
AL	Ácido linoleico
AG	Ácido graso
AGS	Ácido graso saturado
AGPI n-6	Ácidos grasos poliinsaturados que tienen un enlace doble de carbono-carbono en la posición n-6 en común.
AGPI n-3	Ácidos grasos poliinsaturados que tienen un enlace doble de carbono-carbono en la posición n-3 en común.

Agradecimientos

Esta investigación recibió el apoyo del Programa PSDR 4 (Proyecto ATA-RI; 2016-2020), financiado por INRA y la región de Occitania.

Referencias

Ailhaud G, Massiera F, Weill P, Legrand P, Alessandri JM, Guesnet P. 2006. Temporal changes in dietary fats: Role of n-6 polyunsaturated fatty acids in excessive adipose tissue development and relationship to obesity. Progr Lipid Res 45: 203-236.

Alcock J, Lin HC. 2015. Fatty acids from diet and microbiota regulate energy metabolism. F1000Research 4: 1-10.

Anses. 2011. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. Rapport d'expertise collective. Disponible en https://www.anses.fr/fr.

Barendse W. 2014. Should animal fats be back on the table? A critical review of the human health effects of animal fat. Animal Prod Sci 54(7): 831-855.

Blasbalg TL, Hibbeln JR, Ramsden CE, Majchrzak SF, Rawlings RR. 2011. Changes in consumption of omega-3 and omega-6 fatty acids in the United States during the 20th century. Am J Clin Nutr 93(5): 950-962.

Casas RS. 2014. The immune protective effect of the mediterranean diet against chronic low-grade inflammatory diseases. Endocr Metab Immune Disord Drug Targets 14(4): 245-254.

Ciqual. 2013. Disponible en https://www.data.gouv.fr/../table-ciqualde-composition-nutritionnelle-des-aliments-f.

Couëdelo L, Billeaud C, Lamireau D, Perez P, Rigourd V, Buffin R. 2014. Evolution of essential fatty acid composition of French breast milk from 1997 to 2014. EFL Montpellier (poster).

Couvreur S, Hurtaud C, Lopez C, Delaby L, Peyraud JL. 2006. The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cow diet, milk fatty acid composition, and butter properties. J Dairy Sci 89: 1956-1969.

Del Chierico F, Vernocchi P, Dallapiccola B, Putignani L. 2014. Mediterranean diet and health: Food effects on gut microbiota and disease control. Int J Mol Sci 15(7): 11678-11699.

Dilas G. 2005. Évolutions du marche français des huiles alimentaires. OCL 12(5-6): 389-392.

Duru M, Magrini M. 2016. Quel potentiel de la prairie pour équilibrer notre alimentation en acides gras? Fourrages 228: 301-312.

Duru M, Magrini M-B. 2017. Composition en acides gras polyinsaturés de notre assiette et utilisation des matières premières agricoles en France: une amélioration lente, mais insuffisante. OCL 24(2): A201.

Georgiadi A, Kersten S. 2012. Mechanisms of gene regulation by fatty acids. Adv Nutr 3(2): 127-134.

Glasser F, Ferlay A, Chilliard Y. 2008. Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: A meta-analysis. J Dairy Sci 91(12): 4687-703.

Guesnet P, Combe N, Ailhaud G, Alessandri LM. 2009. La teneur en acides gras polyinsaturés du lait maternel: un marqueur biologique fiable du niveau de consommation des populations. OCL 16(1): 1-3.

Guillevic M, Kouba M, Mourot J. 2009. Effect of a linseed diet or a sunflower diet on performances, fatty acid composition, lipogenic enzyme activities and stearoyl-CoA-desaturase activity in the pig. Livest Sci 124(1-3): 288-294.

Hammad S, Pu S, Jones PJ. 2015. Current evidence supporting the link between dietary fatty acids and cardiovascular disease. Lipids 51(5): 507-517.

Hurtaud C, Dutreuil M, Coppa M, Agabriel C, Martin B. 2014. Characterization of milk from feeding systems based on herbage or corn silage with or without flaxseed and authentication through fatty acid profile. Dairy Sci Technol 94(2): 103-123.

Kouba M, Mourot J. 2011. A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids. Biochimie 93(1): 13-7.

Laisney C. 2012. L'évolution de l'alimentation en France. Document de travail du Centre d'études et de prospective du ministère de l'Agriculture.

Legrand P. 2013. Nouvelle approche pour les recommandations nutritionnelles en lipides. OCL 20(2): 75-78.

Maire B, Lioret S, Gartner A, Delpeuch F. 2002. Transition nutritionnelle et maladies chroniques non transmissibles liées à l'alimentation dans les pays en développement. Cahiers d'études et de recherches francophones/Santé 12(1): 45-55.

Majewska MP, Pająk JJ, Skomiał J, Kowalik B. 2016. The effect of different forms of sunflower products in diets for lambs and storage time on meat quality. Anim Feed Sci Technol. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.10.007.

Marín AM, Gómez-Cortés P, Castro GG, *et al*. 2012. Effects of feeding increasing dietary levels of high oleic or regular sunflower or linseed oil on fatty acid profile of goat milk. J Dairy Sci 95(4): 1942-1955.

Meynard JM, Charrier F, Le Bail M, Magrini MB, Charlier A, Messéan A. 2018. Socio-technical lock-in hinders crop diversification in France. Agron Sustain Dev 38(5): 54.

Molendi-Coste O, Legry V, Leclercq IA. 2011. Why and how meet n3 PUFA dietary recommendations? Gastroenterol Res Pract 2011: 1-11. Article ID 364040. doi: 10.1155/2011/364040

Mourot J. 2015. Évolution de la qualité des produits animaux ces cinquante dernières années. Cah Nutr Diet 50: 1-6.

Pereira de Castro A, Aiko Hiane P, de Cássia Avellaneda Guimarães R, *et al*. 2017. Fatty acids consumption: The role metabolic aspects involved in obesity and its associated disorders. Nutrients 9: 1158. doi: 10.3390/nu9101158.

Pisani DF, Amri E-Z, Ailhaud G. 2015. Disequilibrium of polyunsaturated fatty acids status and its dual effect in modulating adipose tissue development and functions. OCL 22(4): D405.

Rocha DM, Caldas AP, Oliveira LL, Bressan J, Hermsdorff HH. 2016. Saturated fatty acids trigger TLR4-mediated inflammatory response. Atherosclerosis 244: 211-215.

Sanders TAB. 2014. Protective effects of dietary PUFA against chronic disease: Evidence from epidemiological studies and intervention trials. Proc Nutr Soc 73(1): 73-79.

Sanz Y, Olivares M, Moya-Pérez Á, Agostoni C. 2015. Understanding the role of gut microbiome in metabolic disease risk. Pediatr Res 77(1): 236-244.

Schmidhuber J. 2007. The EU diet–evolution, evaluation and impacts of the CAP. WHO Forum on "Trade and healthy food and diets", Montreal, Canada.

Schmitt B, Ferry C, Mairesse G, *et al*. 2018. The choice of animal feeding system influences fatty acid intakes of the average French diet. OCL 25(2): D205.

Simopoulos AP. 2007. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 rapport and genetic variation: Nutritional implications for chronic diseases. Biomed Pharmacother 60: 502-507.

Simopoulos AP. 2016. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. Nutrients 8(3): 1-17.

Silva Figueiredo P, Carla Inada A, Marcelino G, *et al*. 2017. Fatty acids consumption: The role metabolic aspects involved in obesity and its associated disorders. Nutrients 9(10): 1158.

Srour B, Fezeu LK, Kesse-Guyot E, *et al.* 2019. Ultra-processed food intake and risk of cardiovascular disease: Prospective cohort study (NutriNet-Santé). BMJ l1451. doi: 10.1136/bmj. l1451.

van Elswyk ME, McNeill SH. 2014. Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: The U.S. experience. Meat Sci 96: 535-540.

Van Zanten HHE, Herrero M, Van Hal O, *et al.* 2018. Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. Glob Chang Biol (December): 1-10. doi: 10.1111/gcb.14321.

Yang LG, Song ZX, Yin H, Wang YY, Shu GF, Lu HX. 2016. Low n6/n-3 PUFA rapport improves lipid metabolism, inflammation, oxidative stress and endothelial function in rats using plant oils as n-3 fatty acid source. Lipids 51: 49-59.

Xiang MS, Tan JK, Macia L. 2019. Fatty acids, gut bacteria, and immune cell function. En: The molecular nutrition of fats. Academic Press, pp. 151-164. doi: 10.1016/B978-0-12-8112977.00011-1.

EL POLINIZADOR ARTIFICIAL 98%

¡LLEGÓ A COLOMBIA!

El primer producto en el mercado con registro para el uso en palma de aceite.

BENEFICIOS

15% más de frutos cosechados en las plantaciones.

Mayor número de racimos.

Aumenta la tasa de extracción de aceite (TEA) hasta valores del 31%.

¡Pide el tuyo y aumenta las ganancias de tu negocio!

Teléfonos: 57-314 293 3756
y 57-1-208 8660 Ext. 3001 - 3005

Correo:
ventas.serviciostecnicos@cenipalma.org

tecnopalma | CON EL RESPALDO DE cenipalma

Publicaciones de Fedepalma y Cenipalma en otros medios

Publications by Fedepalma and Cenipalma in other Media

Para esta edición compartimos tres trabajos asociados al tema de Pudrición del cogollo (PC) y otras enfermedades de la palma de aceite, su detección y defensa, que han sido publicados en medios internacionales como PLoS ONE, Scientia Agricola y Forest Pathology.

Además, el resumen de las conclusiones de la presentación realizada por investigadores de Cenipalma en la Plant and Animal Genome XXVIII Conference, la cual también aborda el tema de la PC y el estudio que Cenipalma ha realizado sobre las relaciones planta-patógeno, con el fin de comprender los mecanismos de infección y resistencia de dicho patógeno.

Artículo

Análisis simultáneo del transcriptoma de clones de palma de aceite y *Phytophthora palmivora* revela estrategias de defensa de palma de aceite.

Autores: Kelly Ávila-Méndez, Rodrigo Andrés Ávila-Diazgranados, Leonardo Araque, Hernán Mauricio Romero.

Publicado en: *PLoS ONE 14*(9): e0222774. doi: 10.1371/journal.pone.0222774

Resumen: *Phytophthora palmivora* es un oomiceto que causa la Pudrición del cogollo de la palma de aceite. Para comprender los mecanismos moleculares de esta enfermedad, fueron inoculados con *P. palmivora* clones de palma con respuestas contrastantes (Ortet 34, resistente y Ortet 57, susceptible) y se realizó un análisis de expresión génica por RNAseq. El transcriptoma se obtuvo mediante secuenciación utilizando la tecnología Illumina HiSeq2500 durante la fase asintomática (24, 72 y 120 horas después de la infección, hpi). Se realizó el análisis simultáneo de los

perfiles de genes expresados diferencialmente (DEG) de palma y *P. palmivora*. Además, los análisis de Ontología de Genes (GO) y redes de genes revelaron diferencias en el perfil transcripcional de los dos ortes, donde se encontró una alta especificidad del patógeno para colonizar el ortet susceptible. El análisis transcripcional proporciona una visión general de los genes implicados en el reconocimiento y señalización de este patosistema, donde los diferentes factores de transcripción, fitohormonas, proteínas asociadas con el endurecimiento de la pared celular y el metabolismo del nitrógeno contribuyen a la resistencia de la palma de aceite a *P. palmivora*. Esta investigación proporciona una descripción de la respuesta molecular de la palma de aceite a *P. palmivora*, convirtiéndose así en una fuente importante de marcadores moleculares para el estudio de genotipos resistentes a la Pudrición del cogollo.

Artículo

La fluorescencia de la clorofila a y la temperatura de la hoja son indicadores tempranos de enfermedades de la palma de aceite.

Autores: Carlos Eduardo Aucique-Pérez, Edison Steve Daza, Rodrigo Andrés Ávila-Diazgranados, Hernán Mauricio Romero.

Publicado en: *Sci. agricola, 77(2).* doi: 10.1590/1678-992x-2018-0106

Resumen: La Pudrición del cogollo (PC), causada por *Phytophthora palmivora*, y la Marchitez letal (ML), cuyo agente causal es desconocido, son dos enfermedades que actualmente representan una amenaza para la industria de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). La PC, reportada por primera vez en 1964, ha destruido más de 85.000 ha. La ML, reportada por primera vez en 1994 en los Llanos Orientales en Colombia, ha destruido más de 5.000 ha. La fluorescencia de clorofila a es útil como proveedor de información sobre la eficiencia del proceso fotosintético cuando las plantas están sometidas a tensiones bióticas o abióticas. Las palmas de aceite afectadas por PC y ML mostraron anomalías en el sistema fotosintético, manifestadas por reducciones en Fv/Fᴍ y ΦPSII. Se observaron cambios en ΦPSII, rendimiento de fluorescencia variable (Fv) y fluorescencia máxima en hojas adaptadas a la luz (FM) desde el comienzo de la infección por PC. Los indicadores más sensibles y tempranos de la enfermedad de ML fueron la temperatura de la hoja y la fluorescencia basal (F0). Fv/F0 cambió significativamente en las palmas enfermas, lo que indica problemas con el movimiento de electrones a través de la cadena de transporte de los mismos. La temperatura de la hoja cambió en respuesta a ambas enfermedades, pero la variación fue mayor en ML. Se llegó a la conclusión de que el daño al sistema fotoquímico causado por las enfermedades afectó los procesos por los cuales la planta captura y transporta energía, causando un desequilibrio fisiológico reflejado en las variaciones observadas en clorofila, fluorescencia y temperatura de la hoja. Los dos parámetros comenzaron a cambiar pronto en el inicio de la PC y antes de que aparecieran síntomas visuales de ML, lo cual es muy importante para el manejo de ambas enfermedades, cuya base es la detección temprana.

Publicado en: *Forest Pathology, 49*(2). doi: doi.org/10.1111/efp.12486

Artículo

Respuesta de la palma de aceite y de los híbridos interespecíficos OxG obtenidos *in vitro* a la inoculación con *Phytophthora palmivora*.

Autores: Kelly Ávila-Méndez, Rodrigo Ávila-Diazgranados, Alonso Pardo, Mariana Herrera, Sarria Greicy, Hernán Mauricio Romero.

Resumen: La enfermedad Pudrición del cogollo (PC) causada por *Phytophthora palmivora* es la más devastadora en el cultivo de palma de aceite en América. Se encontraron palmas de aceite que sobrevivieron a epidemias de PC en áreas destruidas por la enfermedad. Estas palmas se introdujeron en la micropropagación *in vitro* de Cenipalma (programa de clonación). Se desarrolló una escala de severidad para las palmas *in vitro* de cinco ortets inoculados con dos aislados diferentes de *P. palmivora*. Luego, ocho ortets de *Elaeis guineensis* y dos ortets del híbrido interespecífico OxG se evaluaron en dos ensayos de inoculación bajo condiciones de cámara de crecimiento. La respuesta de rendimiento del clon fue consistente con la reportada en el campo para los ortets correspondientes, y se identificaron dos ortets contrastantes, uno susceptible (ortet 57) y uno resistente (ortet 34). Monitoreamos y comparamos las respuestas de defensa a *P. palmivora* en los ortets contrastantes. Se observó un aumento en la producción de especies reactivas de oxígeno (ERO) después de la inoculación con el patógeno, con una mayor acumulación de H_2O_2 en las plantas resistentes. La actividad de la catalasa (CAT) en plantas resistentes aumentó después de la inoculación con el patógeno a partir de las 24 horas posteriores a la infección (hpi) y se mantuvo alta durante el tiempo de observación. En los ortets susceptibles, hubo un aumento significativo en la actividad de catalasa solo a las 48 hpi. La actividad de la peroxidasa (POS) aumentó en clones de ortets susceptibles y resistentes, pero el aumento fue mucho mayor en los susceptibles. La actividad de la fenilalanina amonio liasa aumentó en respuesta a la inoculación, y estos aumentos fueron mayores en los clones del ortet susceptible que en los clones del ortet resistente.

Presentación congreso internacional

Estrategias de defensa de la palma de aceite contra *Phytophthora palmivora,* agente causal de la Pudrición del cogollo.

Autores: Hernán Mauricio Romero, Kelly Ávila, Juanita Gil, Leonardo Araque, David Botero, Greicy Sarria, Jorge Duitama, Silvia Restrepo.

Presentado en: Plant and Animal Genome XXVIII Conference. San Diego, California. Enero 11 al 15 de 2020.

Resumen: Colombia es el mayor productor de aceite de palma en América. Sin embargo, la enfermedad Pudrición del cogollo causada por *Phytophthora palmivora* ha destruido varios cientos de miles de hectáreas del cultivo en el continente. La Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), ha estado estudiando diferentes aspectos de las relaciones planta-patógeno para comprender los mecanismos de infección y resistencia al patógeno. Se desarrollaron recursos genómicos para este, incluido un ensamblaje de alta calidad, y se secuenciaron 15 aislamientos de *P. palmivora* de diferentes regiones de cultivo de palma de aceite en Colombia. Se anotaron

un total de 45.416 genes haciendo un ensamblaje *de novo* en 2.322 *contigs* para un total de 165,5 Mbp, lo que representa una mejora de 2 veces más modelos de genes, 33 veces mejor contigüidad y 11 veces menos fragmentación, en comparación con los recursos genómicos disponibles actualmente para la especie. Se identificaron parálogos para el 71 % de los genes, lo que sugiere un evento reciente de duplicación del genoma. Se identificaron diferencias genéticas entre los aislados que muestran niveles variables de virulencia. Además, para comprender la enfermedad se inocularon clones resistentes y susceptibles de palma de aceite con *P. palmivora*, y se realizó un análisis de expresión génica RNAseq. Se realizó un análisis simultáneo de perfiles de genes expresados diferencialmente (DEG) en palma y *P. palmivora*. Además, el análisis de Ontología de Genes (GO) y el análisis de la red de genes revelaron diferencias en el perfil transcripcional de los 2 ortets, donde se encontró una alta especificidad del patógeno para colonizar al ortet susceptible. El análisis transcripcional proporcionó una visión general de los genes involucrados en el reconocimiento y la señalización de este sistema patológico, donde diferentes factores de transcripción, fitohormonas, proteínas asociadas con el endurecimiento de la pared celular y el metabolismo del nitrógeno contribuyeron a la resistencia de la palma de aceite a *P. palmivora*.

Ya están disponibles

Lineamientos generales del Plan gremial para la prevención y mitigación del contagio del COVID-19 en el sector palmero colombiano

En cumplimiento de las medidas de la declaratoria de emergencia sanitaria del Ministerio de Salud y Protección Social

Descargue el documento aquí:

https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2020/05/lineamientos-generales-plan-gremial-COVID19.pdf

cenipalma | CON EL RESPALDO DE fedepalma

CON EL APOYO DEL FONDO DE FOMENTO PALMERO

Paute con nosotros

Comercialización
Alberto Vidal
Responsable de Mercadeo y Ventas

avidal@fedepalma.org
Teléfono: 3138600 ext. 1105
Celular: 301 695 2413
Bogotá, Colombia

En este número:

Monómeros	**Tapa 1**
Banco Agrario	**11**
Congreso Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite	**12**
Somos fruto del campo colombiano	**78**
El polinizador artificial 98 % ¡Llegó a Colombia!	**97**
Lineamientos COVID-19	**102**
Fondo de Fomento Palmero	**Tapa 2**

Línea de atención al cliente:
(57 - 1) 472 2000 en Bogotá
01 8000 111 210 a nivel Nacional
www.4-72.com.co

El servicio de *envíos* de Colombia

4-72

Esta publicación es propiedad de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma, por tanto, ninguna parte del material ni su contenido, ni ninguna copia del mismo puede ser alterada en forma alguna, transmitida, copiada o distribuida a terceros sin el consentimiento expreso de la Federación. Al realizar la presente publicación, la Federación ha confiado en la información proveniente de fuentes públicas o fuentes debidamente publicadas. Contiene recomendaciones o sugerencias que profesionalmente resultan adecuadas e idóneas con base en el estado actual de la técnica, los estudios científicos, así como las investigaciones propias adelantadas. A menos que esté expresamente indicado, no se ha utilizado en esta publicación información sujeta a confidencialidad ni información privilegiada o aquella que pueda significar incumplimiento a la legislación sobre derechos de autor. La información contenida en esta publicación es de carácter estrictamente referencial y así debe ser tomada y está ajustada a las normas nacionales de competencia, Código de Ética y Buen Gobierno de la Federación, respetando en todo momento la libre participación de las empresas en el mercado, el bienestar de los consumidores y la eficiencia económica.

LA PALMA DE ACEITE, UNA AGROINDUSTRIA EFICIENTE, SOSTENIBLE Y MUNDIALMENTE COMPETITIVA

PALMAS

La Revista Palmas Volumen 41, Número 2, fue editada por la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma. Se terminó de imprimir y encuadernar en los talleres de Estudio 45-8 S. A. S. en la ciudad de Bogotá-Colombia, con un tiraje de 2.050 ejemplares sobre papel Earth Pack de 90 g.

Gracias a la oportuna contribución de los palmicultores al Fondo de Fomento Palmero

trabajamos por una palmicultura colombiana competitiva y sostenible

La cuenta del Fondo de Fomento Palmero es administrada por la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma

Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma
Centro Empresarial Pontevedra. Calle 98 #70-91, piso 14
PBX: (57-1) 313 8600
Bogotá, D. C. - Colombia
www.fedepalma.org