



# IV CONGRESO PALMERO CPAL 2023

SANTO DOMINGO DEL CERRO

LA ANTIGUA GUATEMALA - 2023





# Tecnologías de aplicación en plantas de beneficio.

## 30 años de innovación por CENIPALMA.

Jesús Alberto García Núñez, Ph.D.

Investigador Titular, Coordinador Programa de Procesamiento y Usos



# CONTENIDO



1. Introducción
2. Impactos en la eficiencia de extracción de aceite
3. Impactos en aspectos ambientales y temas de sostenibilidad
4. Impactos en la calidad de aceite, usos, y aspectos de salud y nutrición humana

# CONTENIDO

## 1. Introducción

2. Impactos en la eficiencia de extracción de aceite

3. Impactos en aspectos ambientales y temas de sostenibilidad

4. Impactos en la calidad de aceite, usos, y aspectos de salud y nutrición humana

# Cenipalma en cifras

424 empleados totales - 145 para investigación y transferencia de tecnología  
(47% mujeres- 53% hombres): 16 PhD – 44 MSc

Reconocido por MinCiencias Resolución 1538/19

Mas de 330 convenios de cooperación

Mas de 1.065 estudiantes

4 Campos Experimentales y Tecnopalma

Apropiación social del conocimiento:  
3.060 eventos TT/ 88.000 beneficiarios

18 Reuniones Técnicas Nacionales / 13.025 beneficiarios

538 artículos y 97 libros (científicos e informativos), 273 boletines,  
14 marcas registradas, 5 patentes (concedidas o pendientes)



# INTRODUCCIÓN





# INTRODUCCIÓN

Trabajo colaborativo entre Cenipalma y las plantas de beneficio.

Haciéndolo juntos!

Conociendo la historia, para repetirla y mejorarla!



# CONTENIDO



1. Introducción

**2. Impactos en la eficiencia de extracción de aceite**

3. Impactos en aspectos ambientales y temas de sostenibilidad

4. Impactos en la calidad de aceite, usos, y aspectos de salud y nutrición humana



# Unificación de criterios para determinación de pérdidas de aceite almendra y prácticas de laboratorio.

- Diferencias en la determinación de ácidos grasos libres (AGL) y su incidencia económica

<https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/83666>

1999

2000

- Balance de pérdidas de aceite en plantas de beneficio de las zonas palmeras colombianas Norte y Central

<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/809/809>



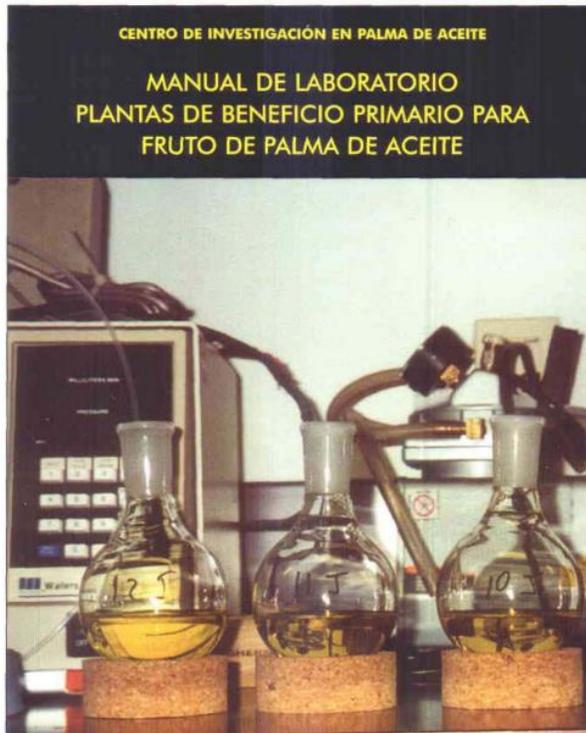
# Unificación de criterios para determinación de pérdidas de aceite almendra y prácticas de laboratorio.

Centro de Investigación en palma de Aceite  
Cenipalma

Colaboraron en esta publicación:

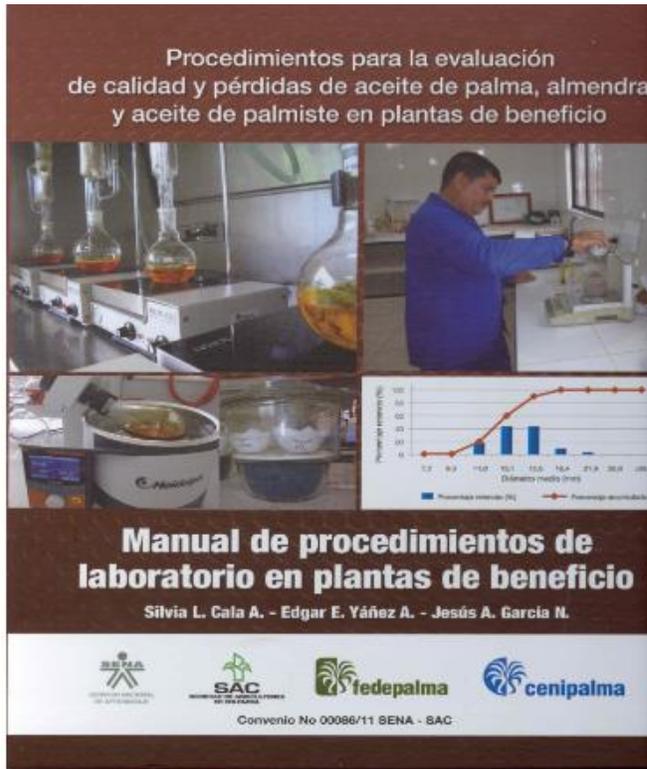
JAIRO ANTONIO PRADA P.  
Manuelita S.A. - Presidente Comité Asesor Zona Oriental  
CARLOS ALBERTO ECHEVERRY O.  
Manuelita S.A.  
JESÚS ALBERTO GARCÍA N.  
Cenipalma - Coordinador Área Procesos y Usos  
FRANCISCO DELGADO  
Guaicaramo S.A.  
JOSÉ ANTONIO RANGEL  
Unipalma S.A.  
GERMÁN RUBIANO  
Palmar de Manavire  
NORBERTO GALVIS  
Palmas de Casanare  
IVÁN MONCADA  
Palmeras Santana  
DIEGO ENRIQUE CORTÉS  
Tecnintegral  
JOSÉ SANTOS  
Palmar del Oriente  
DAIRO ZÚÑIGA  
Hacienda La Cabaña  
DENIS A. PEDRAZA  
Asesor de CENIPALMA  
EVARISTO AYUSO  
Director de Investigación de la Universidad de la Sabana

2000

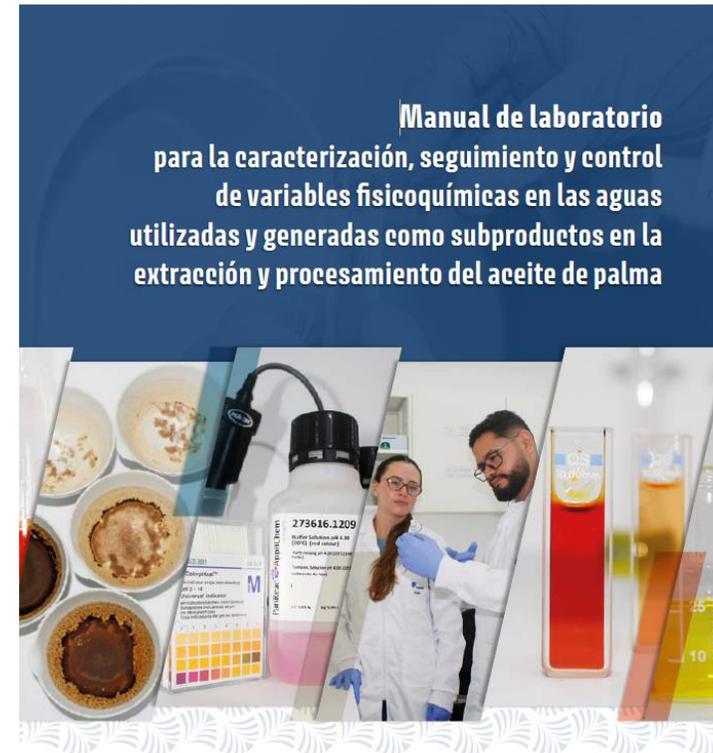


- <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/79123#page=1>

# Unificación de criterios para determinación de pérdidas de aceite almendra y prácticas de laboratorio



2011



2023

- <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/109490#page=1>

# Mejores prácticas de procesamiento

<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/9509/9500>

## Investigación e Innovación Tecnológica

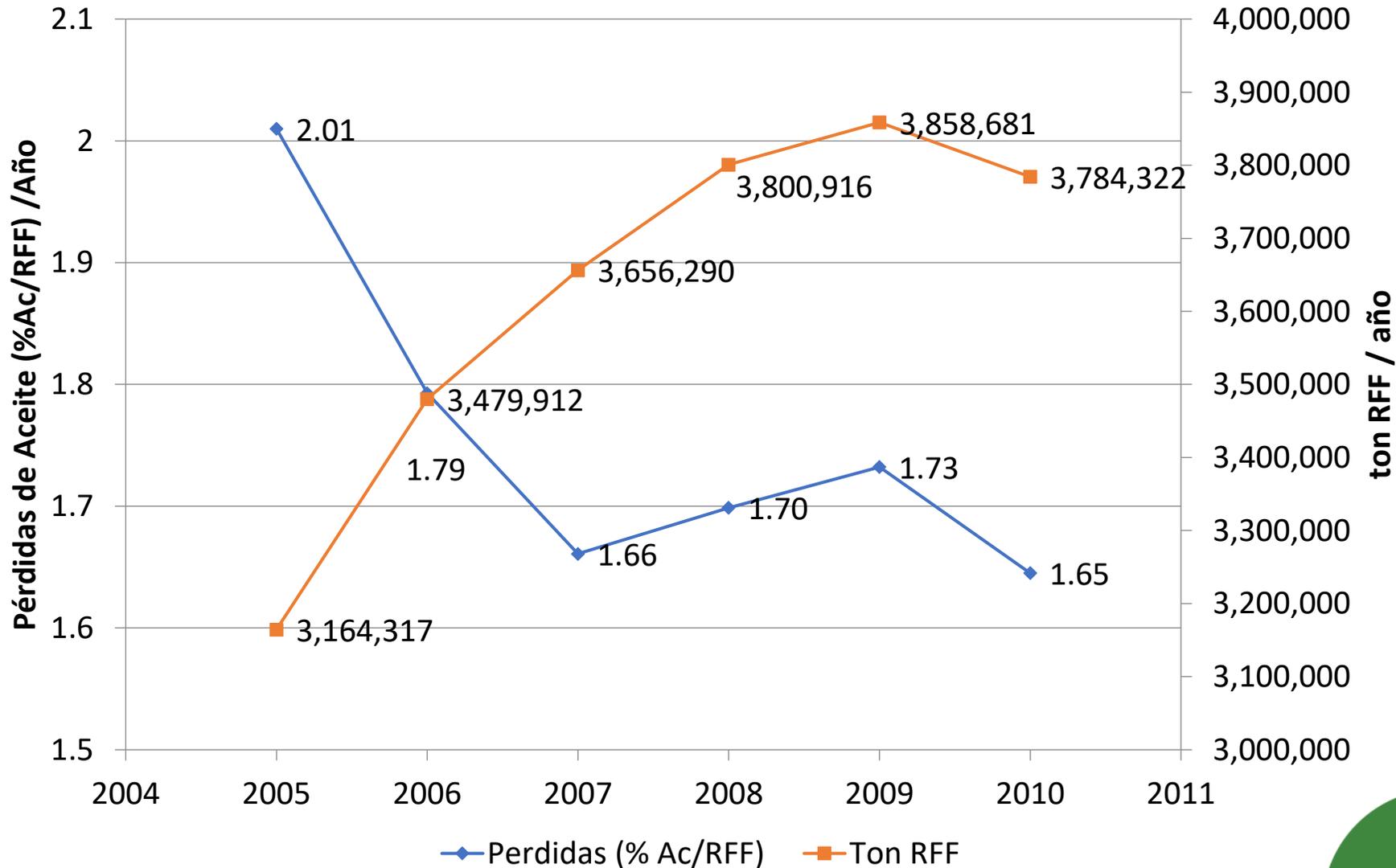
### Comité de plantas de beneficio de la Zona Oriental fija meta de reducción de pérdida de aceite para 2010

*La meta es de 1,58% Aceite/Racimo de fruta fresca (%AC/RFF). Los promedios de las pérdidas de aceite de esta zona, en los últimos tres años, han sido de 1,47%, 1,60% y 1,64%, respectivamente. En 2009 se logró una participación de 12 plantas en el intercambio de información, con las cuales se procesa más del 70% de fruto de la zona.*

**E**n la reunión del Comité Asesor de Cenipalma de Plantas de Beneficio de la Zona Oriental, llevada a cabo el pasado 22 de enero en las instalaciones de Palmallano S.A., se fijó una meta

En la Zona Central, por ejemplo, la información compartida semanalmente abarca índices de aceite, como de almendras, y ha trascendido la entrega de datos de producción, calidad y porcentaje de com-

# Producción de Fruto vs. pérdidas de aceite anuales



**Pérdidas iniciales diagnóstico 1997: 2.2% ac/RFF**

**Pérdidas 2010: 1.65 % ac/RFF**

**0.50 % ac/RFF era la cuota del FFP**



# Unificación de criterios para determinación de pérdidas de aceite almendra y prácticas de laboratorio.

**INDICADOR!!**

**95% DE LAS PB CON CRITERIOS UNIFICADO**

**Reto: Poder lograr capacitaciones virtuales permanentes**

# Curvas de sedimentación

## 2011



Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite - Cenipalma ISSN - 0123-8353

### Notas del Director

Una sedimentación gravitacional ofrece economía, simplificación y confiabilidad, siendo quizás el único método efectivo para las separaciones sólido-líquido con altos volúmenes de flujo. En las plantas de beneficio este procedimiento es comúnmente utilizado para la recuperación del aceite en el licor crudo de prensas por medio de los equipos clarificadores. Uno de los parámetros de operación de mayor importancia en estos equipos, es la relación volumétrica aceite/agua (%vol aceite/%vol agua) técnicamente llamada dilución, que puede oscilar entre 1.0/1.0 a 1.4/1.0, cuya eficacia está directamente relacionada con el potencial de aceite de los racimos, y de las condiciones de operación en la planta.

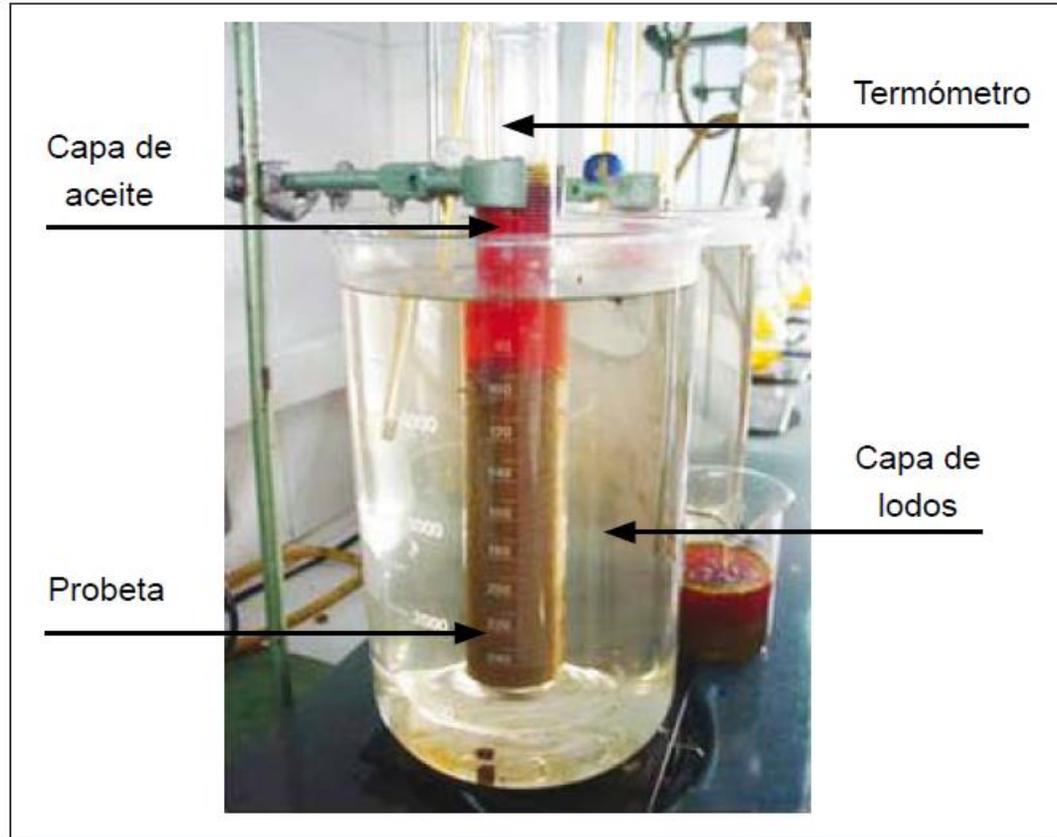
En este Ceniavances se describe la metodología utilizada en los trabajos de investigación del programa de Plantas de Beneficio para la evaluación de la velocidad de sedimentación de lodos y eficiencia de recuperación del aceite en la etapa

### Metodología de las pruebas de sedimentación para el estudio del proceso de clarificación del aceite crudo de palma\*



**E**l proceso de clarificación del aceite de palma corresponde a un conjunto de operaciones unitarias que tienen como objetivo separar y purificar la fase aceitosa del licor crudo. Este licor se genera exactamente durante el prensado mecánico del fruto, en donde se extrae el aceite del mesocarpio (fase continua) con cantidades variables de impureza vegetal que se presentan como sólidos insolubles (fase dispersa), los cuales a través del proceso de decantación son retirados del sistema. Para ello se realiza una adición de agua que diluye el licor de prensa con el fin de incrementar las

peran alrededor del 85% del volumen total de aceite presente en el licor crudo a bajos costos. La eficiencia del proceso de la clarificación estática se ve limitada por factores como el tamaño de las gotas de aceite, la viscosidad de la mezcla, la diferencia de densidad entre las fases, la concentración de los sólidos en suspensión y el régimen de flujo de la mezcla previa a la separación, factores tales que amulsifican los lodos con el aceite, evitando que desciendan fácilmente y se realice la separación.





# Preclarificador y dilución

## Determinación del nivel de dilución apropiado en el proceso de clarificación y diseño de un sistema de control automático

### Efficient Dilution Levels of Diluted Press Liquor in the Palm-Oil Clarification Process and the Design of an Automated Control System to Maintain

**AUTORES**

**Édgar E. Yáñez A.**  
Investigador Asociado, Líder del Programa de Plantas de Beneficio. Cenipalma. edgar.yanez@cenipalma.org

**Oscar M. Díaz R.**  
Investigador Auxiliar. Cenipalma. odiaz@cenipalma.org

**Jesús A. García N.**  
Investigador Titular, Director de la División de Procesos y Usos. Cenipalma. jgarcia@cenipalma.org

**José F. Granados**  
Director de la Planta de Aceites S.A. jfgranado@hotmail.com

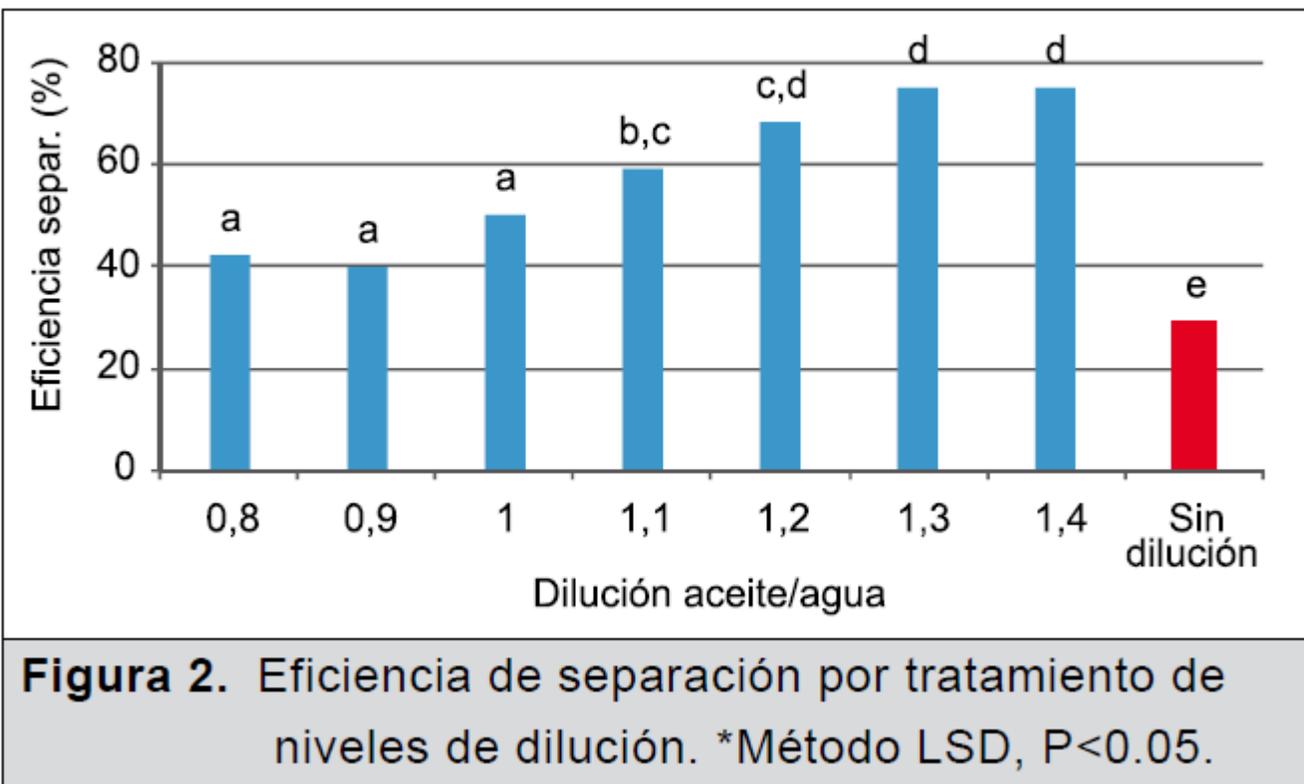
**Edgar F. Castillo M.**  
Director del Programa de Fábricas. Cenicaña. efcastill@yahoo.com

**Palabras CLAVE**

Velocidad de sedimentación, Reología, Eficiencia de sedimentación, Licor de prensas

#### Resumen

En este trabajo se evaluaron ocho niveles de dilución del licor de prensa (LP) en el proceso de clarificación del aceite en un rango entre 0,8 y 1,4, medidos en el licor de prensa diluido (LPD) como %volumen aceite / %volumen agua. Esta evaluación permitió establecer, dentro del rango indicado, una relación óptima de dilución de 1,4 ( $\%vol_{\text{aceite}}/\%vol_{\text{agua}}$ ), que en relación con el nivel de dilución convencional de 1,0 ( $\%vol_{\text{aceite}}/\%vol_{\text{agua}}$ ), incrementó la eficiencia de separación en 50%. Este valor permite reducir el consumo de agua en el proceso de clarificación en aproximadamente 29%, lo cual significa casi un 10% menos en el consumo total de agua por tonelada de aceite de palma. Un menor consumo de agua en el proceso de clarificación y en general en el proceso de extracción de aceite significa menores volúmenes en los equipos de clarificación y mayores tiempos de residencia, así como una reducción en la generación de efluentes del proceso. Se realizó un análisis reológico de las muestras de LPD, los cuales permitieron clasificar el tipo de fluido como No-newtoniano-Seudoplástico y analizar el efecto de la dilución sobre la viscosidad del licor de prensas diluido. Con lo anterior se diseñó y evaluó un sistema de control que permite garantizar una dilución adecuada ( $1,4 \%vol_{\text{aceite}}/\%vol_{\text{agua}}$ ) y ajustada a las condiciones reales de procesamiento, que permite una rápida separación de aceite, un incremento global en la eficiencia del proceso y la reducción del impacto ambiental por disminución en el consumo de agua y generación de efluentes.

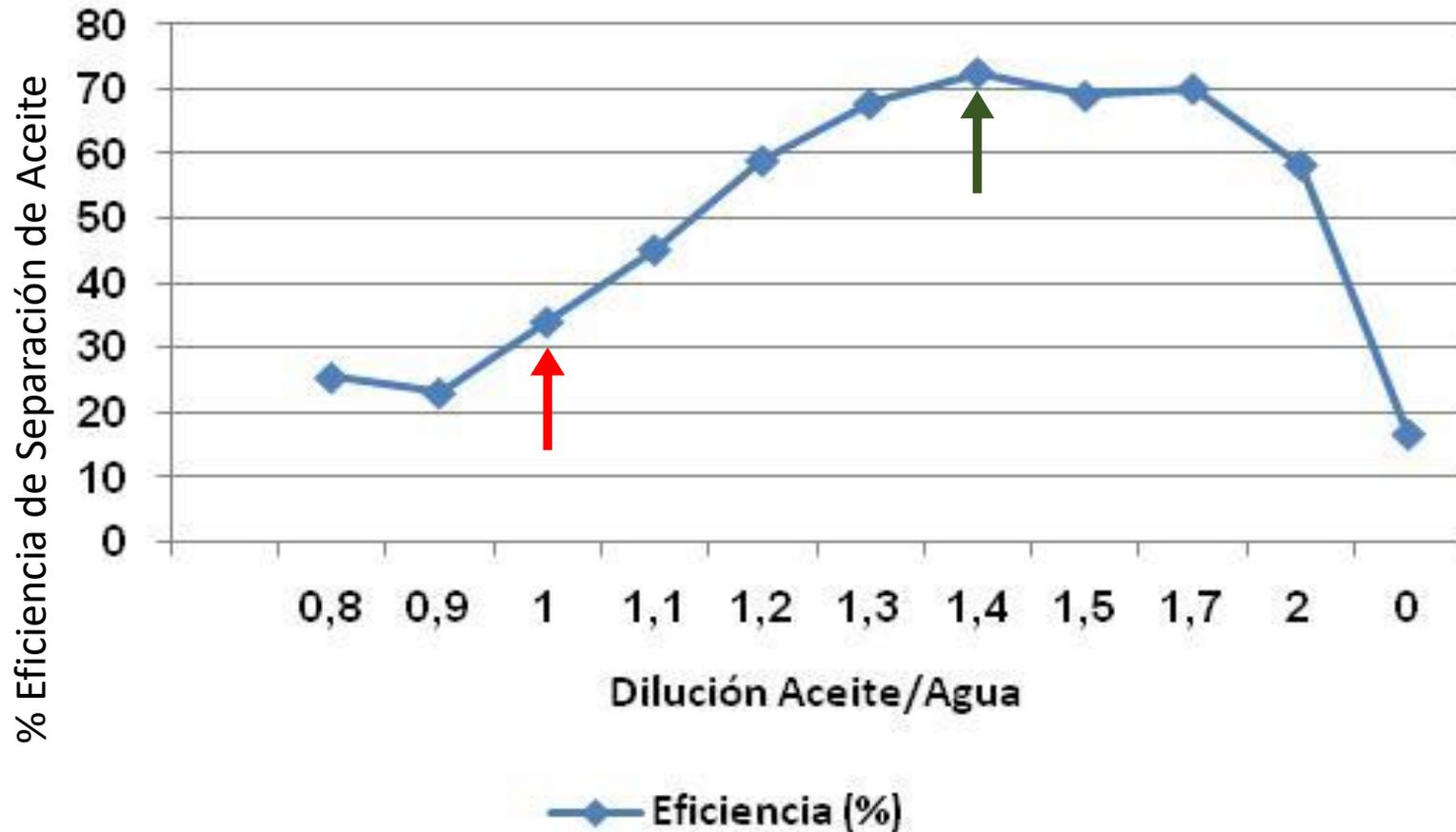


<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/p/palmas/article/view/1361/1361>

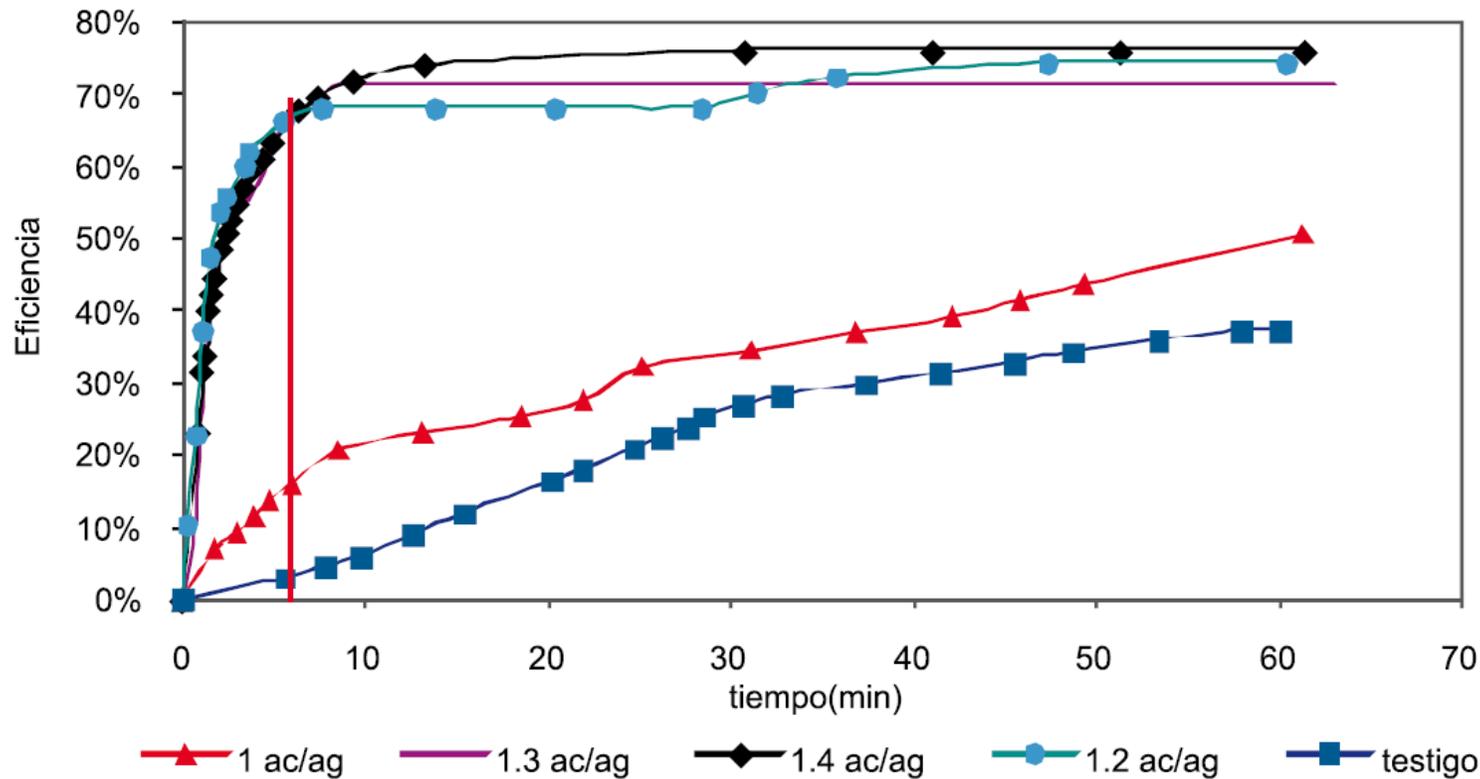
2008

# Preclarificador y dilución

## Dilución de Licor de prensas



# Preclarificador y dilución



La mayor separación ocurre antes de los 10 minutos.

Mejores diluciones 1:3, 1:4 ac/ag

Figura 4. Curva característica de eficiencia de separación respecto al tiempo.



# Preclarificador y dilución

Boletín  
Técnico  
No. 29

Preclarificador de aceite crudo de palma:  
diseño y operación



Diego Ignacio Nieto Mogollón  
Edgar Eduardo Yáñez Angarita  
Jesús Alberto García Núñez



Convenio N° 00062/10 SENA-SAC

<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/article/view/10503/10493>

2011



**IMPACTO**

Mas del 90% de las PB de  
Colombia usan preclarificador

# Preclarificador y dilución

- Mayor cantidad de aceite en menor tiempo comparado con un clarificador convencional.
- Optimiza el proceso de clarificación
- Mejora la calidad de aceite





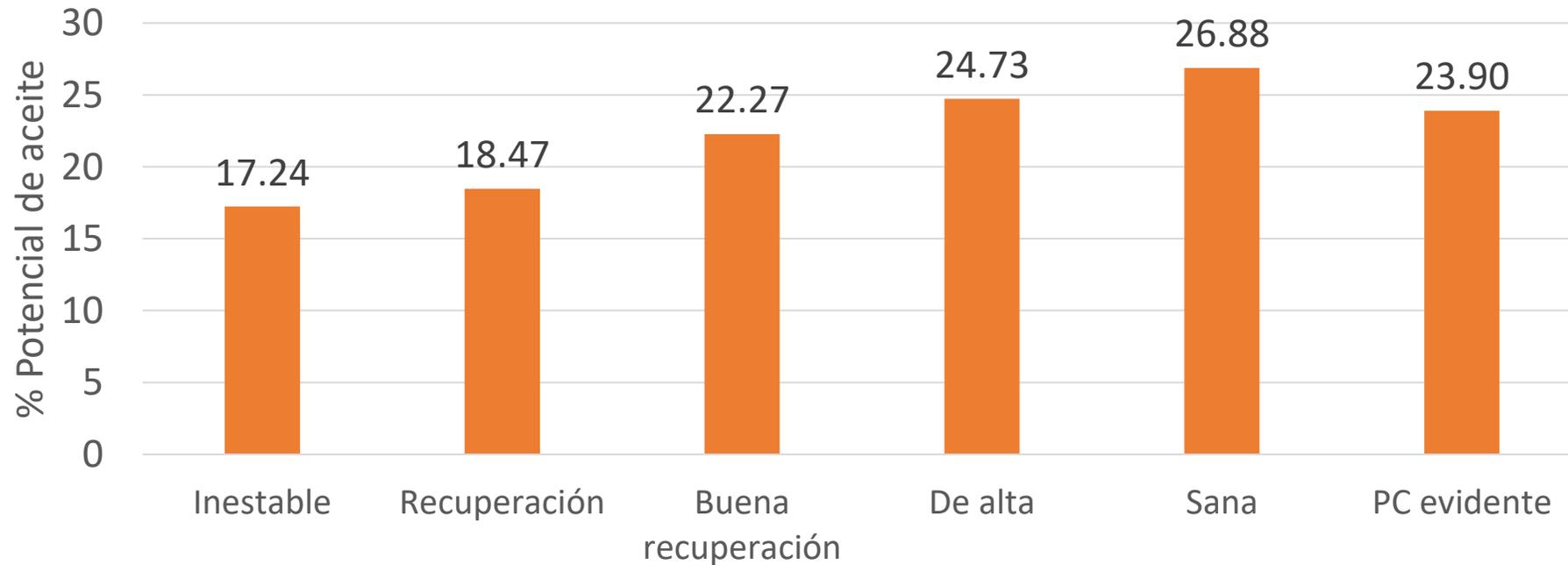
# Determinación potencial de aceite y calidad de racimos

- Metodología alterna de análisis de racimos (2000)
- Medición de potencial de aceite a través de vertedero
- **Medición del potencial de aceite en línea, primera patente del sector palmero colombiano**
- Influencia de la PC en el potencial de aceite (1999)
- Determinación de la influencia de la calidad de RFF en el potencial del aceite
- Metodología MPD (masa que pasa por el digestor) para la determinación del potencial de aceite

# Incidencia de la PC en el potencial del aceite

Valoración económica de las pérdidas en aceite generadas por la Pudrición de Cogollo en los Llanos Orientales de Colombia

- <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/734/734>



1999

# Factores que afectan el potencial de aceite

| Parámetro                              | % Ac /RFF  | TEA          |
|--|------------|--------------|
| Potencial Ideal                        | <b>27%</b> | 27%          |
| Pérdida de aceite en campo             | 0.5%       | 26.5%        |
| Pérdidas por plagas y enfermedades     | 2.0%       | 24.5%        |
| Pérdida por Impurezas                  | 0.5%       | 24.0%        |
| Pérdida por pedúnculo largo            | 0.3%       | 23.7%        |
| Pérdidas en calidad de fruto (madurez) | 1.2%       | 22.5%        |
| Pérdidas en planta de beneficio        | 1.7%       | <b>20.8%</b> |

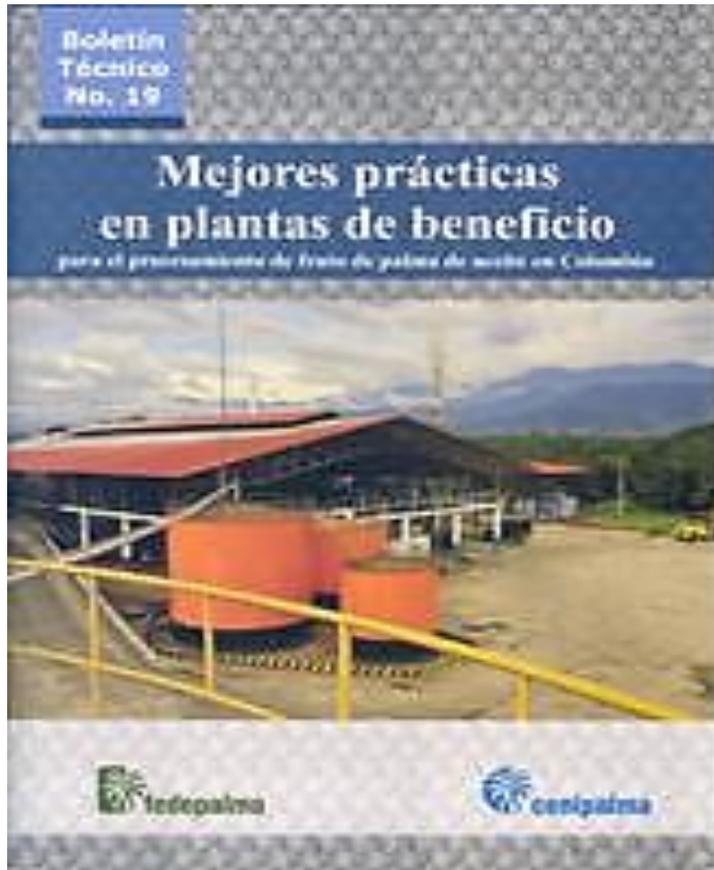
Tasa de Extracción de Aceite final obtenido en planta

*García-Núñez, 2017*

**6.2 puntos perdidos**



# Mejores prácticas en planta de beneficio



**Tabla 5. Impacto económico asociado a las mejores prácticas**

| Prácticas operativas              | Porcentaje de ahorro asociado a cada práctica | Ahorro en dólares asociado a cada práctica /t Aceite |
|-----------------------------------|---|--|
| Esterilización- Desfrutado        | 27,0  | 6,20   |
| Digestión - Prensado              | 23,1  | 5,30   |
| Clarificación                     | 29,7  | 6,80   |
| Calidad aceite                    | 20,2  | 4,65   |
| Total ahorro asociado a prácticas | 22,95   |  |

2006

<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/article/view/10512/10502>

# Masa que pasa por el digestor (MPD)

**Medición del potencial industrial de aceite en racimos de fruta fresca utilizando la metodología masa que pasa al digestor (MPD)**

Paso a paso para su implementación en planta de beneficio



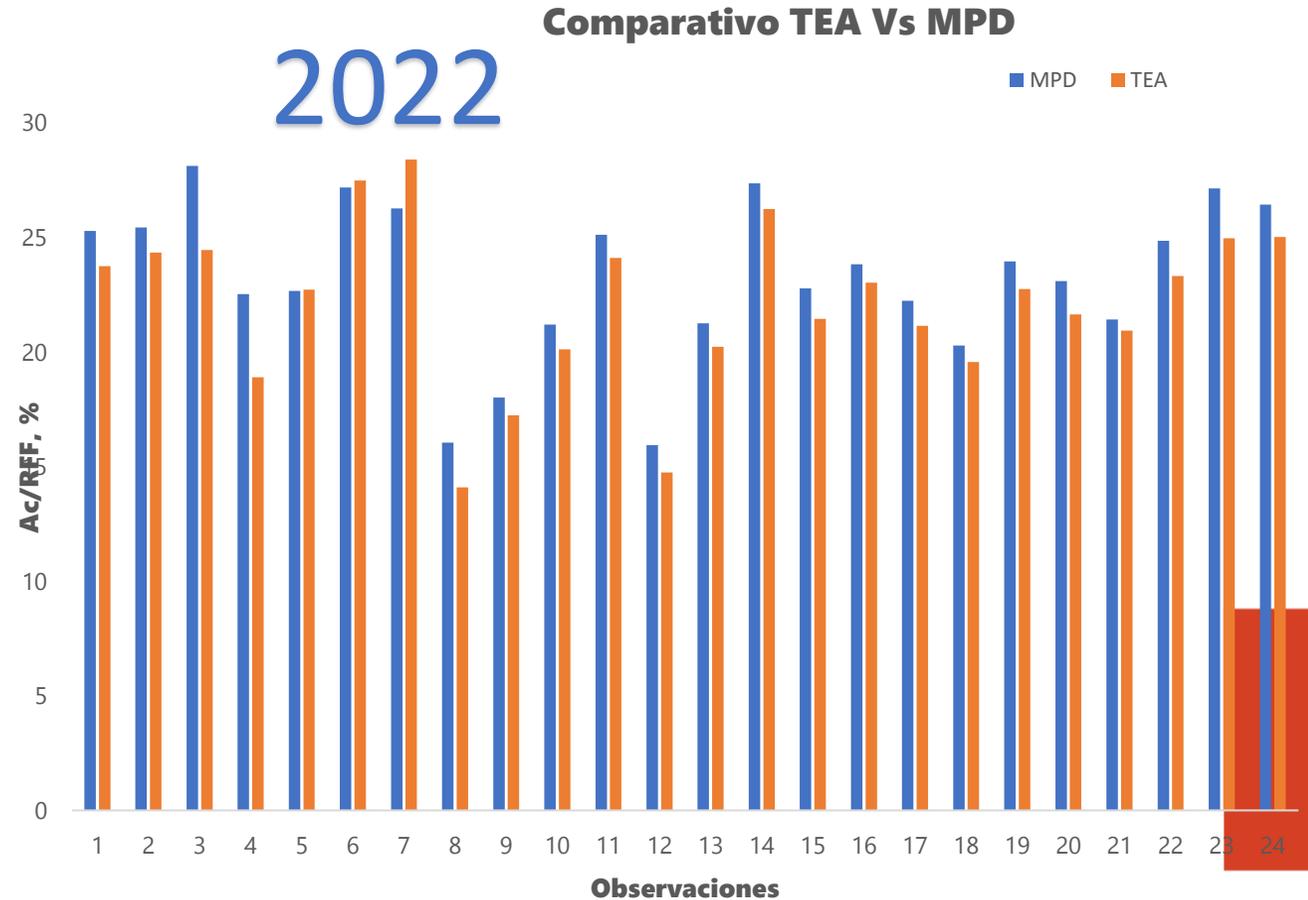
**Programa de Procesamiento**

Desarrollo de Competencias Laborales en la Agroindustria de la Palma de Aceite en Colombia

Kennyher Caballero Blanco  
Mabel Ospina Gallo  
Íngrid Liliana Cortés Barrero  
Jesús Alberto García Núñez



<https://repositorio.fedepalma.org/bitstream/handle/123456789/141464/Medicion%20potencial%20industrial%20racimos%20fruta%20frecia%20metodologia%20mpd.pdf?sequence=1&isAllowed=y>





Boletín  
Técnico  
No. 38

Metodología para la medición, caracterización  
y diagnóstico del desempeño en el consumo de  
servicios industriales en plantas de beneficio



Juan Camilo Barrera Hernández  
Nidia Elizabeth Ramirez Contreras  
Jesús Alberto García Núñez

# Consumo de servicios industriales en planta de beneficio

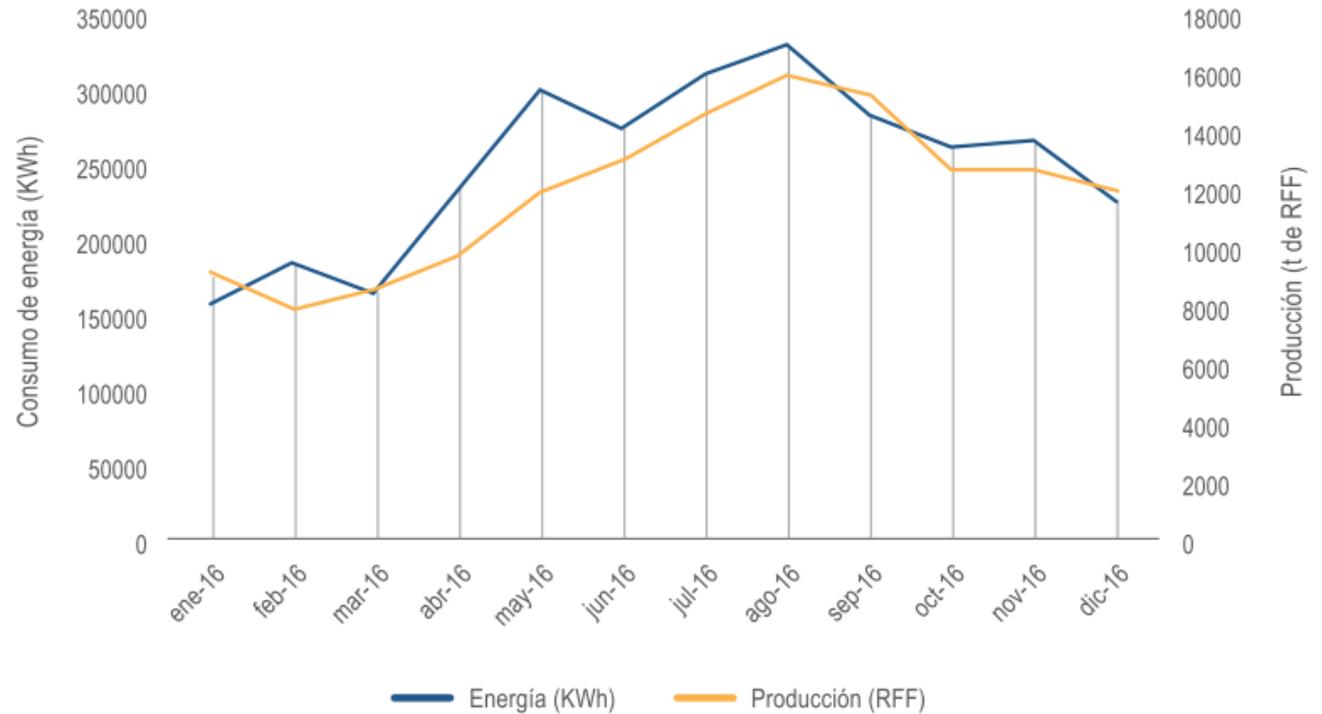


Figura 14. Tendencia de consumo y producción en el tiempo

<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/issue/view/1419/Metodolog%C3%ADa%20para%20la%20medici%C3%B3n%2C%20caracterizaci%C3%B3n%20y%20diag%C3%B3stico%20del%20>



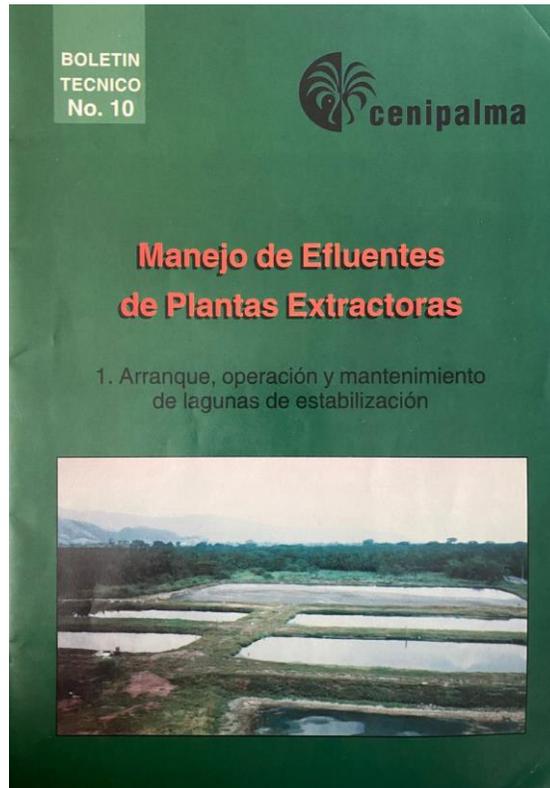
# CONTENIDO



1. Introducción
2. Impactos en la eficiencia de extracción de aceite
- 3. Impactos en aspectos ambientales y temas de sostenibilidad**
4. Impactos en la calidad de aceite, usos, y aspectos de salud y nutrición humana

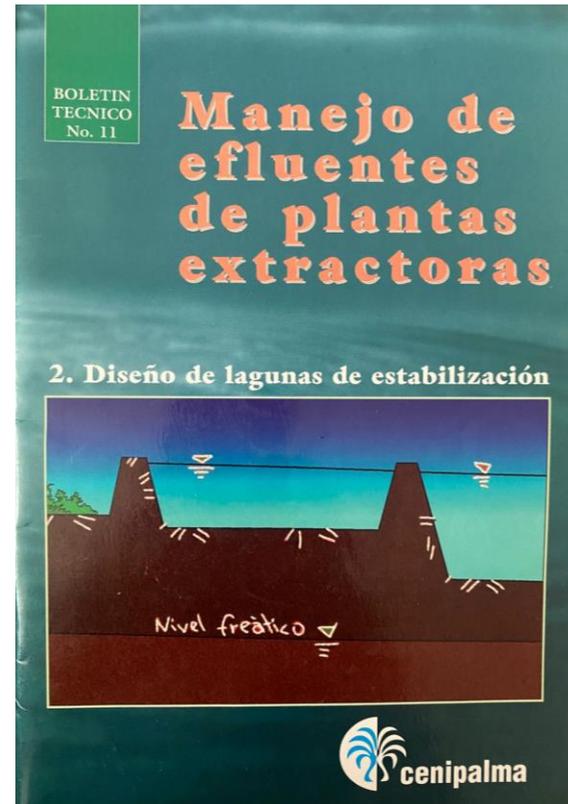
# Manejo de Efluentes

1996



<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/article/view/10522>

1997



<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/article/view/10521>

**INDICADOR!!**

**95% DE LAS PB CON STARS**



# Manejo de Efluentes

Nuevas regulaciones ambientales, especialmente con remoción de cloruros...



# Aspectos de sostenibilidad



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Biomass and Bioenergy

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/biombioe>



Research paper

## Evaluation of alternatives for the evolution of palm oil mills into biorefineries

Jesus Alberto Garcia-Nunez<sup>a,b</sup>, Deisy Tatiana Rodriguez<sup>a</sup>, Carlos Andrés Fontanilla<sup>a</sup>, Nidia Elizabeth Ramirez<sup>a</sup>, Electo Eduardo Silva Lora<sup>c</sup>, Craig Stuart Frear<sup>b</sup>, Claudio Stockle<sup>b</sup>, James Amonette<sup>d</sup>, Manuel Garcia-Perez<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Colombian Oil Palm Research Centre, Cenipalma, Bogotá, Colombia

<sup>b</sup> Biological and Agricultural Engineering Department, Washington State University, Pullman, WA, USA

<sup>c</sup> Excellence Group in Thermal Power and Distributed Generation – NEST, Federal University of Itajubá, Itajubá, MG, Brazil

<sup>d</sup> Pacific Northwest National Laboratory, PO Box 999, Richland, WA 99352, USA



### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 17 December 2015

Received in revised form

14 May 2016

Accepted 17 May 2016

Available online 26 May 2016

#### Keywords:

Palm oil mill (POM)

Biorefinery comparison

Empty fruit bunches (EFB)

Shell

Fiber

Life Cycle Assessment (LCA)

Eutrophication potential (EP)

Economic assessment

### ABSTRACT

Six alternatives for the conversion of an average Colombian palm oil mill (30 t h<sup>-1</sup> of fresh fruit bunches (FFB)) into biorefineries were evaluated. The alternatives studied were: (C1) Production of biogas from the Palm Oil Mill Effluents (POME), (C2) Composting of empty fruit bunches (EFB) and fiber, (C3) Biomass combustion for high pressure steam combined heat and power, (C4) Pellets production, (C5) Biochar production and, (C6) Biochar and bio-oil production. The available biomass could result in up to 125 kWh of electricity, 207 kg of compost, 125 kg of pellet, 44 kg of biochar and 63 kg of bio-oil per metric ton of FFB. The global warming potential (GWP), eutrophication potential (EP), net energy ratio (NER), capital expenditures (CAPEX), operational costs (OPEX), net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) were calculated for all the alternatives. GHG reductions of more than 33% could be achieved. Anaerobic digestion and composting contributed to 30% reduction of the EP. The CAPEX for all of the biorefinery alternatives studied varies between 0.7 \$ t<sup>-1</sup> and 2.8 \$ t<sup>-1</sup> of FFB. The OPEX varies between 1.6 \$ t<sup>-1</sup> and 7.3 \$ t<sup>-1</sup> of FFB. The NPV for viable scenarios ranged between 2.5 million and 13.9 million US dollars. The IRR calculated varied between 3% and 56% and the payback periods were between 3 and 8 years. The total extra incomes reached values up to 15.2 \$ t<sup>-1</sup> of FFB. Overall the pellets production biorefinery was the preferred alternative.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096195341630174X>

2016



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Resources, Conservation and Recycling

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/resconrec](http://www.elsevier.com/locate/resconrec)



Review

## Evolution of palm oil mills into bio-refineries: Literature review on current and potential uses of residual biomass and effluents

Jesus Alberto Garcia-Nunez<sup>a,c</sup>, Nidia Elizabeth Ramirez-Contreras<sup>a</sup>, Deisy Tatiana Rodriguez<sup>a</sup>, Electo Silva-Lora<sup>b</sup>, Craig Stuart Frear<sup>c</sup>, Claudio Stockle<sup>c</sup>, Manuel Garcia-Perez<sup>c,\*</sup>

<sup>a</sup> Colombian Oil Palm Research Centre, Cenipalma, Bogotá, Colombia

<sup>b</sup> Institute of Mechanical Engineering, Federal University of Itajubá, Brazil

<sup>c</sup> Biological Systems Engineering Department, Washington State University, Pullman, WA, USA



### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 7 July 2015

Received in revised form 4 March 2016

Accepted 23 March 2016

#### Keywords:

Palm oil mill (POM)

Palm oil mill biomass

Biorefinery

Empty fruit bunches (EFB)

Palm kernel shell (PKS)

Fiber

### ABSTRACT

The palm oil agroindustry not only produces the most consumed vegetable oil in the world, but also a significant quantity of residual biomass. This waste represents real opportunity to create a variety of products. In the context of sustainable oil production, the use of biomass to generate value-added products can be addressed through the evolution of existing palm oil mills (POMs) into biorefineries. In this manuscript, the authors present a literature review of potential uses for biomass generated in palm plantations and at the POM, including the main properties, quantities, and current practices. After this, a review of novel, less traditional is made. Finally, strategies for the synthesis and analysis of POM biorefinery concepts are discussed. This review highlights the need for development of high-value products from POM waste and the urgency to incubate these emerging technologies for gradual transition into biorefineries. Based on short term economic performance, biomass pelletization and anaerobic digestion of POME are the most promising technologies. Furthermore, the production of biochar has great potential when the environmental performance is taken into account. More work is needed to evaluate the long term economic, social, and environmental impact of other new technologies both now and in the future.

© 2016 Elsevier B.V. All rights reserved.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344916300568>

## Convirtiendo una planta de beneficio en una biorrefinería: paso de tecnologías por el valle de la muerte\*

Turning an Oil Palm Mill into a Biorefinery:  
The Passage of Technologies through the Valley of Death



JESÚS ALBERTO GARCÍA NÚÑEZ  
Coordinador del Programa de  
Procesamiento de Copi Palma  
Processing Program Coordinator,  
Cenpalma  
Colombia

AUTORES: Jesús Alberto García Núñez, Darlis Varón Cárdenas y Juan Camilo Barrera Hernández. Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenpalma

CITACIÓN: García, J. A., Varón, D., & Barrera, J. C. (2019). Convirtiendo una planta de beneficio en una biorrefinería: paso de tecnologías por el valle de la muerte. *Palmas*, 40 (Especial, Tomo II), 76-103.

PALABRAS CLAVE: bioeconomía, biomasa de aceite de palma, biorrefinerías, nivel de madurez tecnológica, sistemas de innovación tecnológica.

KEYWORDS: Bioeconomy, palm oil biomass, biorefineries, level of technological maturity, technological innovation system.

\*Artículo original recibido en español.

### Resumen

La agroindustria del aceite de palma, además de producir el aceite vegetal más consumido en el mundo, está comprometida con el cumplimiento de estándares de sostenibilidad. Para esto es necesario el ajuste de prácticas de manejo de los subproductos generados en las plantas de beneficio. Uno de los usos actuales de la biomasa es la generación de energía térmica y eléctrica. Sin embargo, su utilización en una planta de beneficio de aceite de palma debe abordarse como una biorrefinería que genere valor agregado. Para lograrlo, es preciso identificar los productos promisorios que puedan ser desarrollados con rutas de conversión y nivel de madurez tecnológica (TLR, por su sigla en inglés), que superen la etapa de comercialización en el mercado nacional e internacional. Cada una de dichas etapas incluye la aplicación y seguimiento de indicadores que envuelven temas como cambios de uso de suelo (LUC, por su sigla en inglés), biodiversidad, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y empleo del agua, entre otros.

# Aspectos de sostenibilidad

2017

energy&fuels

Review

pubs.acs.org/EF

## Historical Developments of Pyrolysis Reactors: A Review

J. A. Garcia-Nunez,<sup>†</sup> M. R. Pelaez-Samaniego,<sup>‡</sup> M. E. Garcia-Perez,<sup>§</sup> I. Fonts,<sup>||,⊥</sup> J. Abrego,<sup>⊥</sup> R. J. M. Westerhof,<sup>#</sup> and M. Garcia-Perez<sup>\*v</sup>

<sup>†</sup>Colombian Oil Palm Research Centre, Cenpalma, Bogotá, Colombia

<sup>‡</sup>Faculty of Chemical Sciences, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador

<sup>§</sup>Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, 58030 Morelia, MICH, Mexico

<sup>||</sup>Centro Universitario de la Defensa-AGM, 50090 Zaragoza, Spain

<sup>⊥</sup>Grupo de Procesos Termoquímicos, Universidad de Zaragoza, 50018 Zaragoza, Spain

<sup>#</sup>Sustainable Process Technology Group, University of Twente, 7500 AE Enschede, The Netherlands

<sup>v</sup>Department of Biological Systems Engineering, Washington State University, Pullman, Washington 99164, United States

**ABSTRACT:** This paper provides a review of pyrolysis technologies, focusing on reactor designs and companies commercializing these technologies. The renewed interest in pyrolysis is driven by the potential to convert lignocellulosic materials into bio-oil and biochar and the use of these intermediates for the production of biofuels, biochemicals, and engineered biochars for environmental services. This review presents slow, intermediate, fast, and microwave pyrolysis as complementary technologies that share some commonalities in their designs. While slow pyrolysis technologies (traditional carbonization kilns) use wood trunks to produce char chunks for cooking, fast pyrolysis systems process small particles to maximize bio-oil yield. The realization of the environmental issues associated with the use of carbonization technologies and the technical difficulties of operating fast pyrolysis reactors using sand as the heating medium and large volumes of carrier gas, as well as the problems with refining the resulting highly oxygenated oils, are forcing the thermochemical conversion community to rethink the design and use of these reactors. Intermediate pyrolysis reactors (also known as converters) offer opportunities for the large-scale balanced production of char and bio-oil. The capacity of these reactors to process forest and agricultural wastes without much preprocessing is a clear advantage. Microwave pyrolysis is an option for modular small autonomous devices for solid waste management. Herein, the evolution of pyrolysis technology is presented from a historical perspective; thus, old and new innovative designs are discussed together.

<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13089/12904>

<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.energyfuels.7b00641>

# Aspectos de sostenibilidad



The GHG emissions and economic performance of the Colombian palm oil sector; current status and long-term perspectives

Nidia Elizabeth Ramirez-Contreras <sup>a, b, \*</sup>, David Arturo Munar-Florez <sup>b</sup>,  
Jesús Alberto García-Núñez <sup>b</sup>, Mauricio Mosquera-Montoya <sup>b</sup>, André P.C. Faaij <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Energy Sustainability Research Institute Groningen, University of Groningen, Nijenborgh 6, 9747 AG, Groningen, the Netherlands  
<sup>b</sup> Colombian Oil Palm Research Centre, Cenpalma, Bogotá, Colombia

## ARTICLE INFO

Article history:  
Received 19 July 2019  
Received in revised form  
20 November 2019  
Accepted 24 February 2020  
Available online 28 February 2020

Handling Editor: Giovanni Baiocchi

**Keywords:**  
Biomass  
Carbon footprint  
Carbon stock  
LUC  
POM  
NER

## ABSTRACT

Increasing oil palm plantations, both for obtaining crude palm oil (CPO) and for the production of bio-based products, have generated growing concern about the impact of greenhouse gas (GHG) emissions on the environment. Colombia has the potential to produce sustainable bio-based products from oil palm. Nevertheless, national GHG emissions have not yet been reported by this sector. Achieving the collection of the total primary data from the oil palm sector, in Colombia, entails a tremendous challenge. Notwithstanding, for this study, the data collection of 70% of the production of fresh fruit bunches (FFB) was achieved. Therefore, *current situation* of CPO production in Colombia is analyzed, including 1) GHG emissions calculation, 2) net energy ratio (NER), and 3) economic performance. Moreover, the analysis includes two future scenarios, where the CPO production chain is optimized to reduce GHG emissions. *Future scenario A* produces biodiesel (BD), biogas, cogeneration, and compost; while *future scenario B* produces BD, biogas, cogeneration, and pellets. The methodology, for all the scenarios, includes life-cycle assessment and economic analysis evaluation. The results show a significant potential for improving the current palm oil production, including a 55% reduction in GHG emissions. The impact of land-use change must be mitigated to reduce GHG emissions. Therefore, a sustainable oil palm expansion should be in areas with low carbon stock or areas suitable/available to the crop (e.g., cropland, pastureland). Avoiding the deforestation of natural forests is required. Besides, crop yield should be increased to minimize the land use, using biomass to produce bio-based products, and capture biogas to reduce methane emissions. In the biodiesel production life-cycle, the NER analysis shows the fossil energy consumed is lower than the renewable energy produced. Regarding the economic performance, it shows that in an optimized production chain, the capital expenditure and operational expenditure will decrease by approximately 20%.

© 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620308040>

2020 - 2022



Integral analysis of environmental and economic performance of combined agricultural intensification & bioenergy production in the Orinoquia region

Nidia Elizabeth Ramirez-Contreras <sup>a, b, \*</sup>, Carlos A. Fontanilla-Díaz <sup>a</sup>, Lain E. Pardo <sup>d</sup>,  
Tulia Delgado <sup>b</sup>, David Munar-Florez <sup>b</sup>, Birka Wicke <sup>e</sup>, Jonathan Ruiz-Delgado <sup>f</sup>,  
Floor van der Hilst <sup>a</sup>, Jesús Alberto García-Núñez <sup>b</sup>, Mauricio Mosquera-Montoya <sup>b</sup>, André P.  
C. Faaij <sup>a, g</sup>

<sup>a</sup> Energy Sustainability Research Institute, Faculty of Science and Engineering, University of Groningen, Nijenborgh 6, 9747 AG, Groningen, the Netherlands  
<sup>b</sup> Colombian Oil Palm Research Centre, Cenpalma, Bogotá, Colombia  
<sup>c</sup> Department of Agricultural Economics, Purdue University, United States  
<sup>d</sup> Department of Nature Conservation Management, Faculty of Science, Nelson Mandela University, George, 6530, South Africa  
<sup>e</sup> Copernicus Institute of Sustainable Development, Utrecht University, the Netherlands  
<sup>f</sup> National Federation of Oil Palm Growers, Fedepalma, Bogotá, Colombia  
<sup>g</sup> TNO Energy Transition, Utrecht, the Netherlands

## ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Land-use change  
Biomass  
Biodiversity  
Water use  
Profitability

## ABSTRACT

Agricultural intensification is a key strategy to help meet increasing demand for food and bioenergy. It has the potential to reduce direct and indirect land use change (LUC) and associated environmental impacts while contributing to a favorable economic performance of the agriculture sector. We conduct an integral analysis of environmental and economic impacts of LUC from projected agricultural intensification and bioenergy production in the Orinoquia region in 2030. We compare three agricultural intensification scenarios (low, medium, high) and a reference scenario, which assumes a business-as-usual development of agricultural production. The results show that with current inefficient management or with only very little intensification between 26% and 93% of the existing natural vegetation areas will be converted to agricultural land to meet increasing food demand. This results in the loss of biodiversity by 53% and increased water consumption by 111%. In the medium and high scenarios, the intensification allows meeting increased food demand within current agricultural lands and even generating surplus land which can be used to produce bioenergy crops. This results in the reduction of biodiversity loss by 8–13% with medium and high levels of intensification compared to the situation in 2018. Also, a positive economic performance is observed, stemming primarily from intensification of cattle production and additional energy crop production. Despite increasing irrigation efficiency in more intensive production systems, the water demand for perennial crops and cattle production over the dry season increases significantly, thus sustainable management practices that target efficient water use are needed. Agricultural productivity improvements, particularly for cattle production, are crucial for reducing the pressure on natural areas from increasing demand for both food products and bioenergy. This implies targeted investments in the agricultural sector and integrated planning of land use. Our results showed that production intensification in the Orinoquia region is a mechanism that could reduce the pressure on natural land and its associated environmental and economic impacts.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147972102199X>



## Article GHG Balance of Agricultural Intensification & Bioenergy Production in the Orinoquia Region, Colombia

Nidia Elizabeth Ramirez-Contreras <sup>1,2,\*</sup>, David Munar-Florez <sup>2</sup>, Floor van der Hilst <sup>3</sup>, Juan Carlos Espinosa <sup>4</sup>,  
Alvaro Ocampo-Duran <sup>5</sup>, Jonathan Ruiz-Delgado <sup>4</sup>, Diego L. Molina-López <sup>2</sup>, Birka Wicke <sup>3</sup>,  
Jesús Alberto García-Núñez <sup>2</sup> and André P.C. Faaij <sup>1,6</sup>

- <sup>1</sup> Energy Sustainability Research Institute, Faculty of Science and Engineering, University of Groningen, Nijenborgh 6, 9747 AG Groningen, The Netherlands; a.p.c.faaij@rug.nl
- <sup>2</sup> Colombian Oil Palm Research Centre, Cenipalma, Bogotá 252171, Colombia; dmunar@cenipalma.org (D.M.-F.); dlmolina131@gmail.com (D.L.M.-L.); jgarces@cenipalma.org (J.A.G.-N.)
- <sup>3</sup> Copernicus Institute of Sustainable Development, Utrecht University, 3584 CB Utrecht, The Netherlands; f.vanderhilst@uu.nl (F.v.d.H.); B.Wicke@uu.nl (B.W.)
- <sup>4</sup> National Federation of Oil Palm Growers, Fedepalma, Bogotá 110231, Colombia; jespinos@fedepalma.org (J.C.E.); jruizd@fedepalma.org (J.R.-D.)
- <sup>5</sup> Research Group on Sustainable Tropical Production, Universidad De Los Llanos, Villavicencio 500001, Colombia; aocampo@unillanos.edu.co
- <sup>6</sup> TNO Energy Transition, 80015 Utrecht, The Netherlands

\* Correspondence: n.e.ramirez.contreras@rug.nl



Citation: Ramirez-Contreras, N.E.; Munar-Florez, D.; Hilst, F.v.d.; Espinosa, J.C.; Ocampo-Duran, A.; Ruiz-Delgado, J.; Molina-Lopez, D.L.; Wicke, B.; Garcia-Nunez, J.A.; Faaij, A.P.C. GHG Balance of Agricultural Intensification & Bioenergy Production in the Orinoquia Region, Colombia. *Land* 2021, 10, 289. <https://doi.org/10.3390/land10030289>

Academic Editor: Marta Debilini

Received: 7 February 2021  
Accepted: 8 March 2021  
Published: 11 March 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

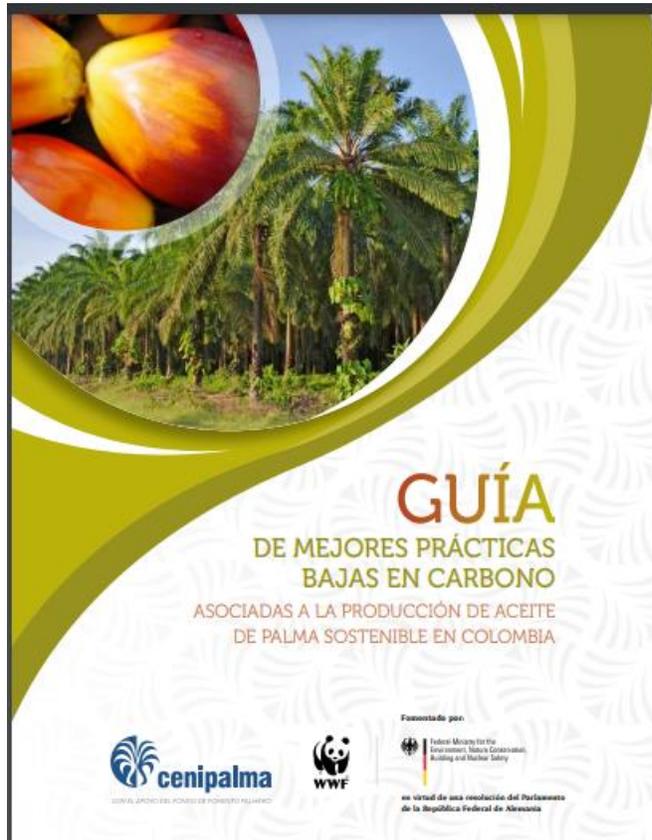
**Abstract:** Energy crop expansion can increase land demand and generate displacement of food crops, which impacts greenhouse gas (GHG) emissions mainly through land-use change (LUC). Increased agricultural productivity could compensate for this. Our study aims to evaluate the regional combined GHG emissions of increasing agricultural yields for food crop and beef production and using the generated surplus land for biomass production to replace fossil fuels in the Orinoquia region of Colombia until 2030. The results show that surplus land for biomass production is obtained only when strong measures are applied to increase agricultural productivity. In the medium and high scenario, a land surplus of 0.6 and 2.4 Mha, respectively, could be generated. Such intensification results in up to 83% emission reduction in Orinoquia's agricultural sector, largely coming from increasing productivity of cattle production and improving degraded pastures. Biofuel potential from the surplus land is projected at 36 to 368 PJ per year, with a low risk of causing indirect LUC, and results in GHG emission reductions of more than 100% compared to its fossil fuel equivalent. An integrated perspective of the agricultural land use enables sustainable production of both food and bioenergy.

**Keywords:** land-use change; biomass; cattle; sustainable intensification; biofuels; bioelectricity; palm oil; sugarcane; acacia

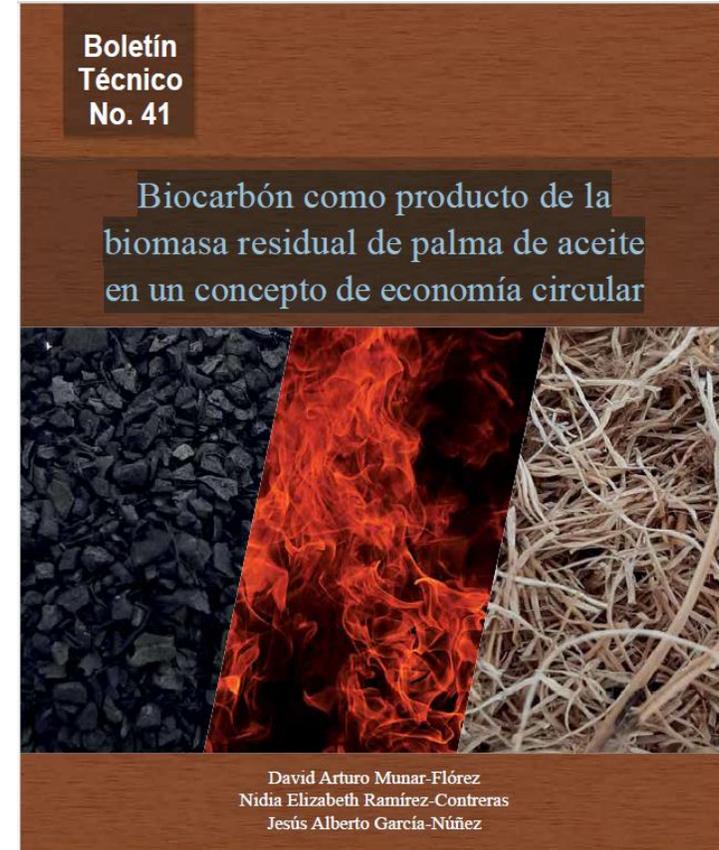
## 1. Introduction

# Aspectos de sostenibilidad

2020



<https://repositorio.fedepalma.org/bitstream/handle/123456789/141072/GUIA%20MEJORES%20PRACTICAS%20BAJAS%20CARBONO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



2022

<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/article/view/13709/13439>

# Calculadora de carbono



Metodología de ACV ISO 14067  
Lineamientos de la IPCC



En proceso de validación por el ICONTEC





# Con esta herramienta se puede:

- Analizar el ciclo de vida del aceite crudo de palma de la cuna a la puerta.
- Estimar las emisiones de GEI del fruto y el aceite de palma.
- Identificar las etapas del ciclo de vida del producto que tienen mayor participación con emisiones en la huella de carbono.
- Generar estrategias para mitigar el impacto ocasionado por una actividad en específico.
- Tener un indicador ambiental que permita diferenciar el aceite de palma de Colombia (Comunicación ambiental e informe de sostenibilidad del producto).

The image shows a screenshot of the Ecopalma web application. On the left is a navigation menu with options: Cultivo, Planta Beneficio, Calderas, and Modelo de datos. The main content area displays a welcome message: "Bienvenidos a Cenipalma" and "CORPORACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN PALMA DE ACEITE". Below this are buttons for "¿QUÉ ES CENIPALMA?" and "SANIDAD DE LA PALMA", and a search bar. The bottom part of the screenshot shows a form titled "Nuevo Formulario Plantación" with buttons for "Guardar", "Calcular", and "Limpiar". The form fields include:

- Nombre del formulario: 0\_Cultivo\_1 (marked as obligatory)
- Nombre de la plantación: Plantación Ejemplo
- Nombre del responsable: David Munar
- Es propietario?: Si
- Ubicación de la plantación: km 32, Paratebueno - Cabuyaro
- Descripción de la plantación: Material de siembra, guineensis Tenera (70%) e híbrido (30%). Densidad de siembra Tenera: 143 (palmas/ha) Densidad siembra híbrido: 128 (palmas/ha)



# CONTENIDO



1. Introducción
2. Impactos en la eficiencia de extracción de aceite
3. Impactos en aspectos ambientales y temas de sostenibilidad
- 4. Impactos en la calidad de aceite, usos, y aspectos de salud y nutrición humana**

# Pruebas larga duración de biodiésel



Con los camiones de Coordinadora se hicieron las pruebas para demostrar las bondades que tiene este biocombustible. Foto: Colección Fedepalma.

**APOYO  
IMPLEMENTACIÓN  
BIODIÉSEL COLOMBIA**  
**Se duplicó el mercado  
local y se mejoró el  
ingreso al palmicultor**

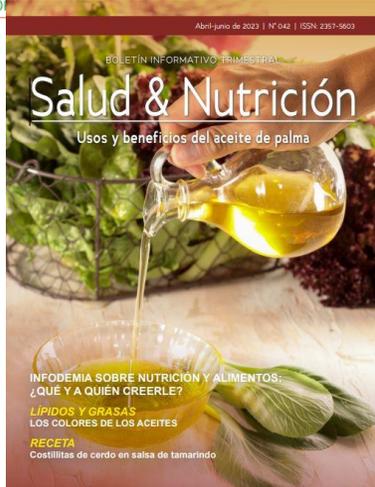
2004 - 2011



# Designación CODEX alimentario

**Aceite de palma con mayor  
contenido de ácido oléico**  
**Nombre diferenciador AP OxG**





# Boletín Trimestral Salud y Nutrición

Disponible en



<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/salud/issue/archive>

## El Palmicultor – Sección Aceite de Palma

### El Palmicultor

Información del sector palmero colombiano - Fedepalma

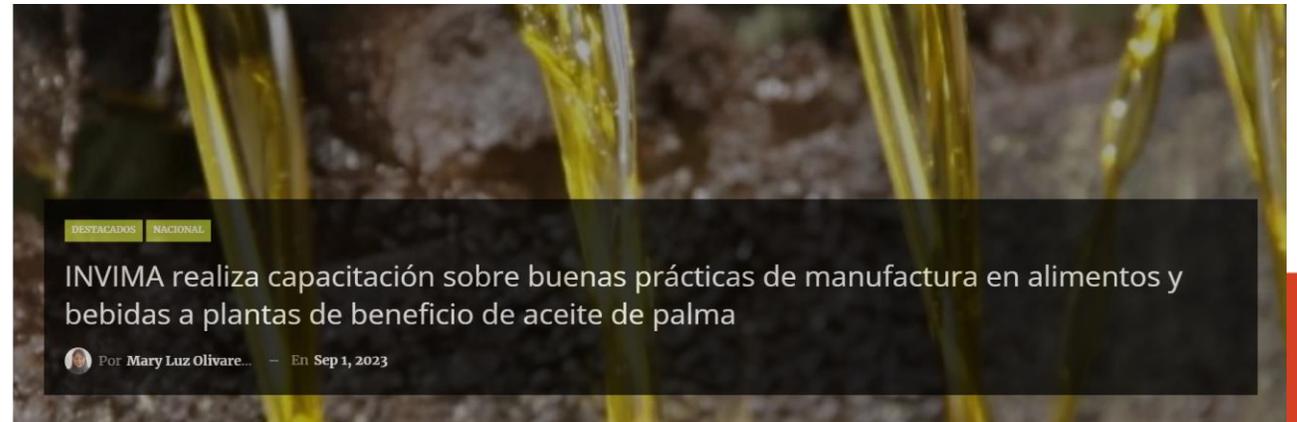
[elpalmicultor.fedepalma.org](http://elpalmicultor.fedepalma.org) Impreso en junio 26, 2023

### 5 cifras para tener en cuenta en la gestión efectiva de un peso saludable

Junio 1, 2023

Categorías: Aceite de palma

Etiquetas: Aceite de palma, Día Mundial de la Nutrición, Salud & Nutrición



<https://elpalmicultor.fedepalma.org/invima-realiza-capacitacion-sobre-buenas-practicas/>



## Compuestos contaminantes en aceites vegetales (2- y 3-MCPD y EG): formación, importancia y recomendaciones de mitigación



### La calidad del aceite de palma como un nuevo reto para la palmicultura mundial

Palm Oil Quality as a New Challenge for Palm Cultivation Worldw

CITACIÓN: Baena-S., M. A., García-Nunez, J. A., González-D., A., Mondragón, A. & Caballero-B., K. (2021). La calidad del aceite de palma como un nuevo reto para la palmicultura mundial. *Palmas*, 42(1), 65-80.

BAENA S. M.  
Analista del Proyecto  
Nutrición de

## Buenas prácticas en la agroindustria de la palma de aceite para la disminución de contaminantes en los aceites refinados

Las siguientes prácticas en campo y planta de beneficio ayudan a la disminución de precursores de contaminantes en productos refinados de los aceites de palma

### CULTIVO



Reducir el uso de plaguicidas y aguas que contengan exceso de cloro



Implementar criterios de corte de racimos de fruta fresca que garanticen el punto óptimo de cosecha



Establecer ciclos de cosecha cortos de acuerdo con cada cultivar



Evitar la presencia de racimos sobremaduros, podridos e impurezas en la cosecha



Minimizar el número de golpes a los racimos



Separar los racimos y frutos en el punto de acopio. Se recomienda no utilizar empaques de fertilizantes para la recolección de frutos

Prácticas para minimizar el contenido de precursores clorados y la formación de ácidos grasos libres

### TRANSPORTE



Implementar tecnologías que reduzcan la manipulación excesiva de racimos de fruta fresca, disminuyendo la ruptura, golpes, suciedad y deterioro de los frutos (ej: grabber, cable vía)



Minimizar tiempos entre cosecha y procesamiento de racimos de fruta fresca en planta de beneficio



### PROCESAMIENTO



Garantizar temperaturas de operación menores a



Minimizar los tiempos de procesamiento de los



Utilizar agua limpia o con bajo contenido de



EL PODER TRANSFORMADOR DE LA PALMA DE ACEITE



Total chlorine mitigation in *Elaeis guineensis* fresh fruit bunches processing and its impact on the formation of MCPD and glycidol esters

Kennyher Caballero Blanco<sup>a</sup>, Darlis Adriana Varón Cárdenas<sup>a</sup>, Sergio David Mosquera González<sup>a</sup>, Nidia Elizabeth Ramírez-Contreras<sup>a</sup>, Jesús Alberto García-Núñez<sup>a</sup>

Centro de investigación en palma de aceite – Cenipalma. [kcaballero@cenipalma.org](mailto:kcaballero@cenipalma.org); <sup>a</sup>Programa de Procesamiento

Introduction



**Compuestos contaminantes  
en aceites vegetales (2- y 3-MCPD y EG):  
formación, importancia y recomendaciones de mitigación**



# Buenas prácticas en la agroindustria de la palma de aceite para la disminución de contaminantes en los aceites refinados

Las siguientes prácticas en campo y planta de beneficio ayudan a la disminución de precursores de contaminantes en productos refinados de los aceites de palma

## CULTIVO



Reducir el uso de plaguicidas y aguas que contengan exceso de cloro



Implementar criterios de corte de racimos de fruta fresca que garanticen el punto óptimo de cosecha



Establecer ciclos de cosecha cortos de acuerdo con cada cultivar



Evitar la presencia de racimos sobremaduros, podridos e impurezas en la cosecha



Minimizar el número de golpes a los racimos



Separar los racimos y frutos en el punto de acopio. Se recomienda no utilizar empaques de fertilizantes para la recolección de frutos

Prácticas para minimizar el contenido de precursores clorados y la formación de ácidos grasos libres

## TRANSPORTE



Implementar tecnologías que reduzcan la manipulación excesiva de racimos de fruta fresca, disminuyendo la ruptura, golpes, suciedad y deterioro de los frutos (ej: grabber, cable vía)



Minimizar tiempos entre cosecha y procesamiento de racimos de fruta fresca en planta de beneficio



## PROCESAMIENTO



Garantizar temperaturas de operación menores a 140 °C en todo el proceso de extracción



Minimizar los tiempos de procesamiento de los REF (quitir paradas de proceso)



Utilizar agua limpia o con bajo contenido de compuestos clorados para realizar la dilución

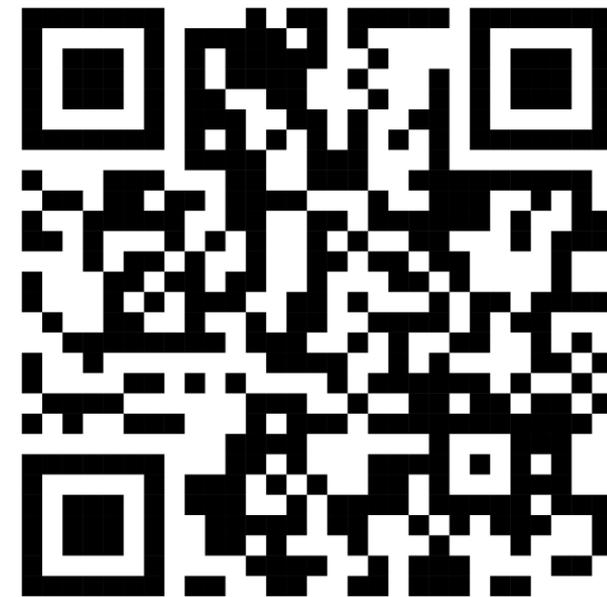


# La calidad del aceite de palma como un nuevo reto para la palmicultura mundial

## Palm Oil Quality as a New Challenge for Palm Cultivation Worldwide

CITACIÓN: Baena-S., M. A., García-Nunez, J. A., González-D., A., Mondragón, A. & Caballero-B., K. (2021). La calidad del aceite de palma como un nuevo reto para la palmicultura mundial. *Palmas*, 42(1), 65-80.

BAENA S. MARÍA A.  
Analista del Proyecto Especial de Salud y  
Nutrición de Cenipalma



### Total chlorine mitigation in *Elaeis guineensis* fresh fruit bunches processing and its impact on the formation of MCPD and glycidol esters

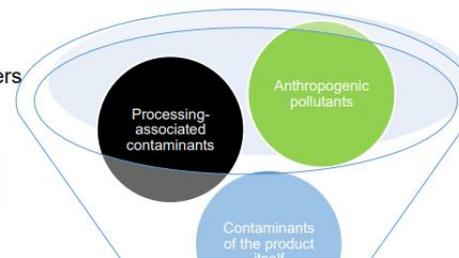
Kennyher Caballero Blanco<sup>1</sup>, Darlis Adriana Varón Cárdenas<sup>1</sup>, Sergio David Mosquera González<sup>1</sup>, Nidia Elizabeth Ramírez-Contreras<sup>1</sup>, Jesús Alberto García-Núñez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Procesamiento, Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma). **Correo:** [kcaballero@cenipalma.org](mailto:kcaballero@cenipalma.org)

#### Introduction

The food safety of crude palm oil (CPO) is key for both industry and consumers as more than 80% of CPO is used in food and related applications (Lakshmanan & Yung, 2021). Currently, an issue of concern in refined palm oil products is the content of 3-monochloropropane-1,2-diol esters (MCPDE's) and glycidol (EG) (Lakshmanan & Yung, 2021; Tiong *et al.*, 2021). The International Agency for Research on Cancer belonging to the World Health Organization has classified MCPDE as a possibly carcinogenic contaminant (Group 2B) and EG as a probable carcinogenic contaminant (Group 2A) for humans (IARC, 2021). In this respect, chlorine is potentially associated with the formation of these compounds in refined palm oil, then a chlorine concentration of less than 2 ppm is suggested. However, it is also influenced by other factors such as free fatty acids and peroxides (Boone *et al.*, 2021).

- Processing-associated contaminants
  - 3-MCPD, 2-MCPD, glycidol esters
  - Peroxides
  - Chlorine
- Anthropogenic pollutants
  - Heavy Metals (Arsenic, Lead)
  - Phosphorus, Dioxins



# La investigación no para

- **Procesamiento de fruto híbrido**
- **Calidad de aceites**
- **Extracción de fitonutrientes del híbrido**



# A modo de conclusión

**LA INVESTIGACIÓN PAGA...**

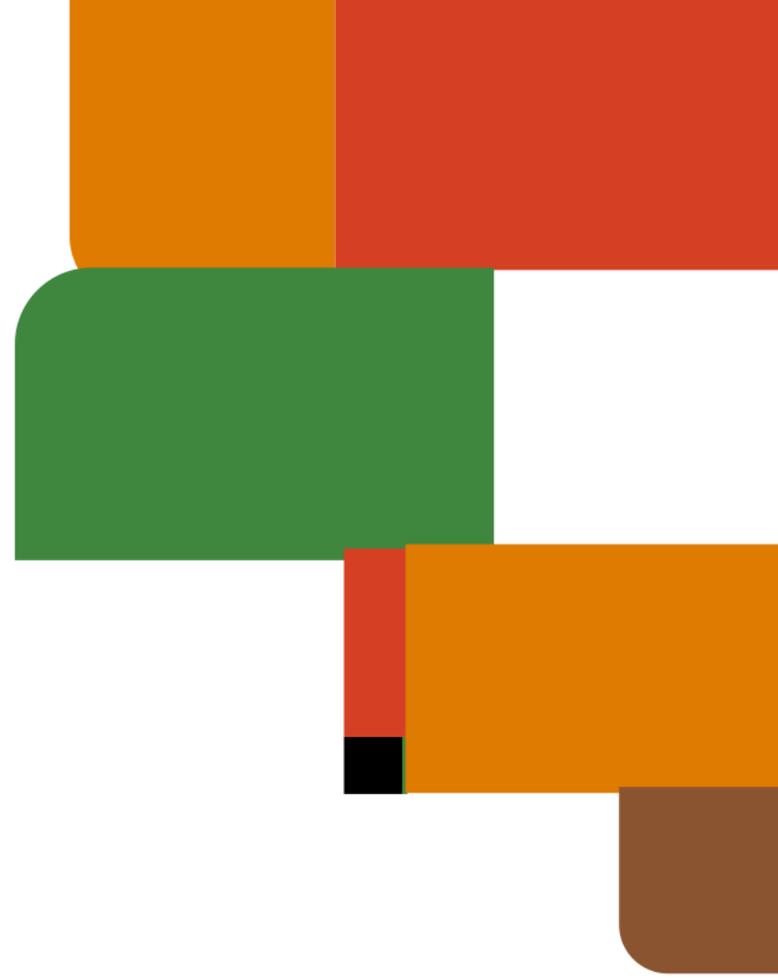
**Aun queda un largo camino por recorrer...**



**QUE TAL UN “CENIPALMA” DE  
GUATEMALA O CENTRO AMÉRICA  
PARA TRABAJAR JUNTOS???**

# Gracias







# CALIFICA A NUESTRO CONFERENCISTA



PhD. Jesús Alberto García