

LOS HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS OXG EN PALMA DE ACEITE: Más de una década de aprendizajes

Hernán Mauricio Romero, *PhD*
Iván Mauricio Ayala Díaz, *PhD*



A low-angle shot of a palm tree with several large, thick, green fronds reaching upwards. At the base of the tree, there are several large, dense clusters of bright red, oval-shaped fruits. The ground is covered with dry, brownish vegetation and some green grass. The background is a bright, slightly overexposed sky.

1

Contenido

Contenido

- Historia de los híbridos interespecíficos OxG
- Características de *E. oleifera* y los híbridos interespecíficos OxG: Un cultivo diferenciado
- Los híbridos interespecíficos OxG como una solución a la PC
- Plagas y enfermedades los híbridos interespecíficos OxG: mitos y realidades
- Manejo del agua y la nutrición en los híbridos interespecíficos OxG
- Fenología y punto óptimo de cosecha de los híbridos interespecíficos OxG
- Polinización en los híbridos interespecíficos OxG y su impacto en la productividad
- Hacia el procesamiento de los híbridos interespecíficos OxG
- Perspectivas y conclusiones

Palma americana



Elaeis oleifera



Palma africana



Elaeis guineensis



Híbrido interespecífico OxG



2

Historia de los híbridos OxG

Foto: Vergara Pinto.
de *Elaeis metanococa* x *Elaeis guineensis* Jacq. en
5 años que empezaron a florecer a los 2 y medio.
ca El Cedro, Colombia 1969.

Centro Nacional de Investigaciones Ag
(Oficinas) Palmira

Elaeis oleifera (Kunth) Cortés

E. oleifera- Palma Americana

- Noli, Noli, Corozo o Calaué
- *E. melanococa*
- Usos por indígenas Arhuacos y Caribes, ejemplo; manteca negrita
- Pocos estudios reportados, 1ª referencia 1784

IFA y la Misión Ferrand

- 1959: IFA colectó *E. oleifera* en Cereté, Córdoba
- El IFA envía *E. oleifera* al Congo y a Chemara en Malasia

Colecciones genéticas alrededor del mundo

- 1980: Embrapa-Brasil; Ecotipos Manaás, ríos Madelra, Solimoes y Negro, Coari y Manicoré
- 1984: Ecotipo Genaro Herrera, Perú
- 1986: Ecuador, Ecotipo Taisha, Orellana y Morona
- Colecciones en Colombia (Cenipalma, Unipalma, HLC, Agrosavia), Ecuador (Danec, EnergyPalm, INIAP), Brasil (Embrapa), Costa Rica (ASD), Benín, Indonesia y Malasia



....Antes de 1900

1927-1960

1950-1970

1970-1980

1980-2010

2010- Actualidad

Primeras prospecciones

Germoplasma de Brasil y Surinam enviado a:

- 1927, Eala, Zaire
- 1949, Yangambi
- Años 50's Nigeria e Indonesia
- Años 60, La Mé y Malasia

Colectas del ICA y el IRHO

1970-1980: Meunier del IRHO PORIM, ICA colectan en el Sinú y Magdalena Medio -> El Mira, Tumaco

1977: Ollegniner, colecta de Coari en Brasil, establecido en San Alberto, Cesar y Benín, África. Posteriormente en Ecuador y los Llanos



Nuevas prospecciones: Conservación de la especie

- 2002: Cenipalma, Trapecio Amazónico
- 2016-2019: Cenipalma (Colciencias-152, 2016-2019), 12 departamentos, 37 municipios



Elaeis guineensis Jacq.

E. guineensis

- Originaria de África central
- Seguridad Alimentaria



....Antes
1760

Llega a las
Antillas,
Guyana y
Brasil

Nicholas Joseph Jacquin
clasifica la especie en
Martinica

Jardín Botánico de Bogor



4 palmas
que dieron
origen a la
palmicultura
mundial

1848

Demanda de
aceites vegetales
y aplicaciones
industriales

- África oferta la demanda Mundial de aceites, pero rápidamente el Sudeste Asiático domina el mercado
- 1927: United Fruit Company importa semillas del Sudeste Asiático, Sumatra, Nigeria, Sierra Leona y Angola a Panamá y a Honduras (Lancetilla)
- Años 30 llega la palma a Colombia desde Eala, Zaïre (RDC) a través de Florent Claes a Palmira y Bajo Calima, palmas dura y tenera

Estación Experimental de Palmira y primeras plantaciones

- 1941: segregación del fruto, Beirnaert and Vanderweyen
- 1945: Victor Manuel Patiño, primeras selecciones por grosor de pulpa y peso de frutos
- 1947: Teneras seleccionadas en el Bajo Calima
- 1949: 172 ha Hacienda Patuca, Sevilla, Magdalena
- 1953: Estación La Pepilla, dura
- Años 50-60: Semilla IFA plantaciones comerciales, 1960 se crea el ICA



Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas
Calle 100 No. 100

1941-1970

Crecimiento de
plantaciones
comerciales y
programas de
mejoramiento

- 1977: ICA en el Mira de Tumaco, tenera, pisifera y dura del IRHO y Felda (Bastidas y Reyes, 2003)
- CIRAD-PalElite-HLC
- Indupalma
- Unilever (hoy Unipalma)
- ASD, Costa Rica
- Cenipalma, a partir de 2001



Victor Manuel Patiño



Singh, et al 2014

Libro híbrido OxG, Capítulo 1 (Rivera, Ayala y Romero, 2023)

Híbridos OxG

Primeras hibridaciones

- *E. oleifera* es compatible para hibridar con *E. guineensis*
- 1959, OxG en Malasia

OxG Turbo, Aracataca y Tumaco

- 1963-1968. Los OxG de Turbo eran cruces de *E. oleifera* de Surinam y espontáneas de la zona de Turbo con pisíferas del Bajo Calima, y los de Tumaco y Aracataca los mismos de Hurtado sembrados en Cereté (Vallejo y Cassalet, 1975)



Híbridos ICA e IRHO

- Meunier y Boutin del IRHO con investigadores del ICA cruzaron palmas Sinú con polen La Mé para buscar resistencia a la PC y la MS, lento crecimiento y composición de ácidos grasos. Evaluaciones en Colombia, Ecuador, Indonesia y Costa de Marfil (Meunier y Boutin, 1975)



Philippe Genty, IRHO/CIRAD

Década de los 40's y 50's

Años 60's

1963-1968

Años 60's y 70s

1970-1980

Finales 80's-2000

Primeros híbridos en Colombia

- 1962-1963 Jose Manuel Hurtado (IFA) desarrolla OxG con oleíferas rojas con polen dura del Bajo Calima y tenera de Aracataca (Bastidas, et al, 2013)
- 1967: Reporte de Eduardo Zuleta (IFA); el objetivo de los OxG fue corregir "partenocarpia" y tamaño de los frutos de *E. oleifera*.

PC en Coldesa

- Años 60 y 70's la Pudrición de Cogollo arrasa la plantación *E. guineensis* en Coldesa (Turbo, Antioquia). Únicamente sobrevivieron los híbridos OxG, este es el primer reporte de la resistencia de OxG a la PC.



PC en los Llanos Orientales

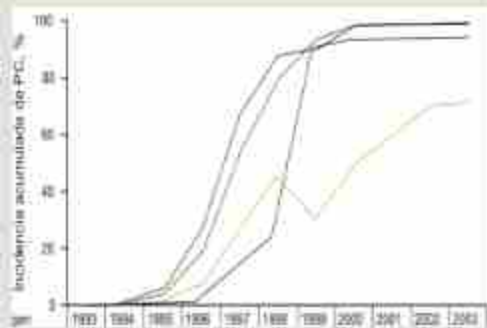
- Retoma la investigación en OxG
- Híbridos Coari x La Mé y Sinú x La Mé (Zambrano, 2004)
- Primeros lotes comerciales a principios de los 90's (Indupalma, HLC, Guaicaramo y Unipalma)

Libro híbrido OxG, Capítulo 1 (Rivera, Ayala y Romero, 2023)



Figura 1. Híbrido F1 de *E. oleifera* x *E. guineensis* (Jara, 1967).
El híbrido F1 es el resultado de la hibridación entre *E. oleifera* y *E. guineensis*.
Este híbrido F1 es el resultado de la hibridación entre *E. oleifera* y *E. guineensis*.

Híbridos OxG



Epidemia de PC en las Zonas Suroccidental y Central



2007-2011...

2008-2012

PC Zona Norte

2017-2023...

2021-2023...



OxG en El Mira, Tumaco. \$72. Foto: Rafael Reyes, Agrosavia

Siembra de híbridos OxG en Tumaco y Puerto Wilches

- 27,500 ha pérdidas por PC
- Renovación con OxG en el Magdalena

PEAs OxG de Cenipalma

- Pruebas en Zonas con PC de nuevos cultivares adaptados a las zonas agroecológicas de Colombia





Tomado de Torres et al, 2015

Antes de 2006, menos del **0,5%** del área estaba plantada con OxG

~ 17 años

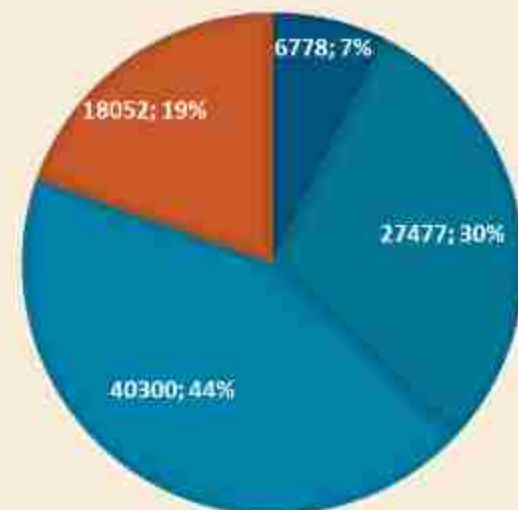


Para 2023, el **17%** del área estará sembrada con cultivares híbridos OxG, con alrededor de 100,000 hectáreas **en Colombia**



AREA DE CULTIVO HÍBRIDO EN PAIS (HA)

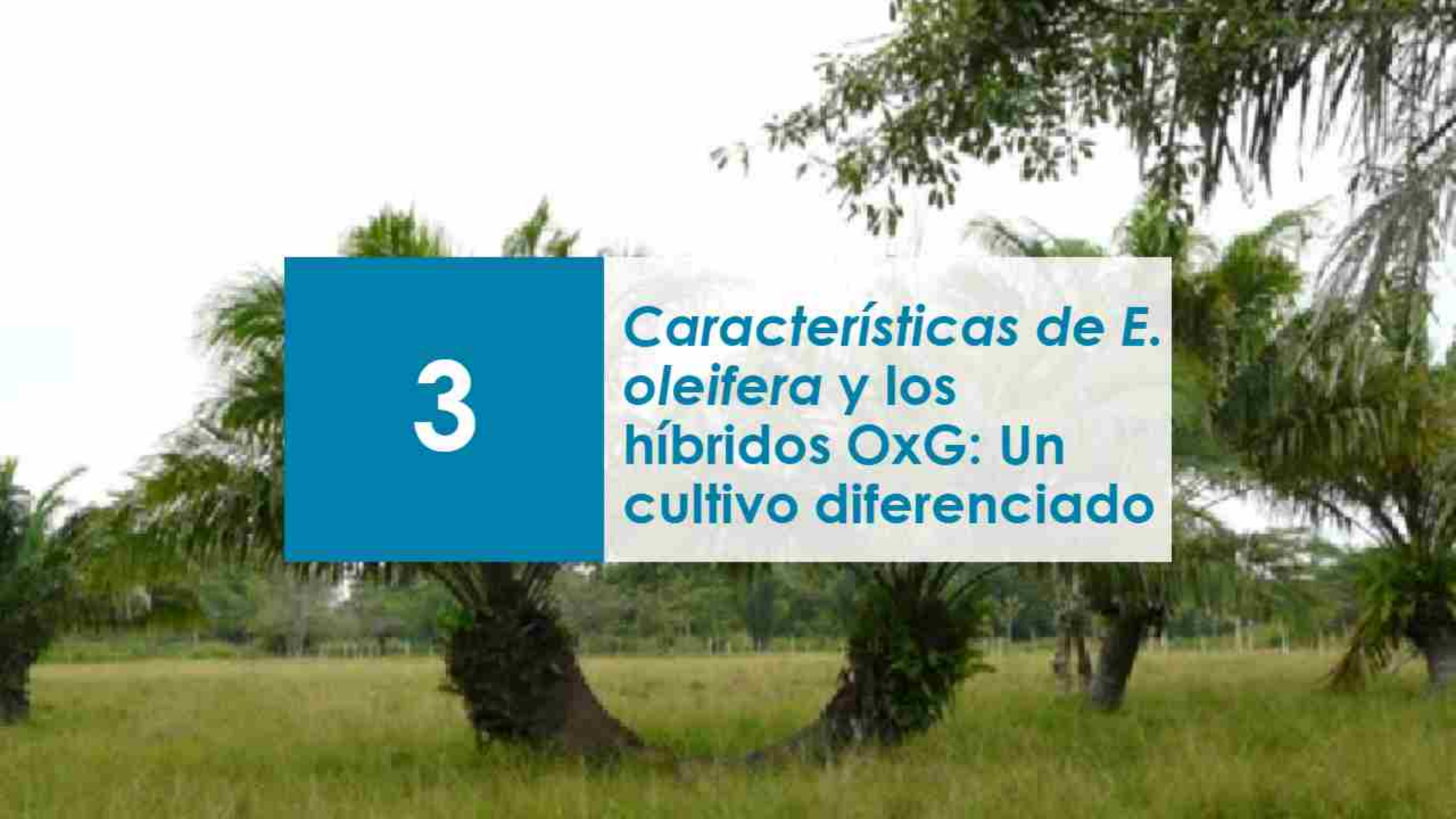
■ Norte ■ Central ■ Oriental ■ Suroccidental



Fuente: Dirección de Extensión, 2023

Híbridos OxG $\longrightarrow$ Nuevo Cultivo
Genotipo $\times$ Ambiente + Manejo





3

***Características de E.
oleifera* y los
híbridos OxG: Un
cultivo diferenciado**

Palma americana



Elaeis oleifera

Palma africana



Elaeis guineensis



Híbrido interespecífico OxG

Distribución de *Elaeis oleifera*



Brasil

- Manaus
- Manicore
- Coari

Perú

- Erene

Ecuador

- Taisha

Colombia

- Sinú
- Urabá
- Mag.
- Medio
- Amazonia

**Surinam y
Guyanas**



Variabilidad del recurso genético de *Elaeis oleifera*

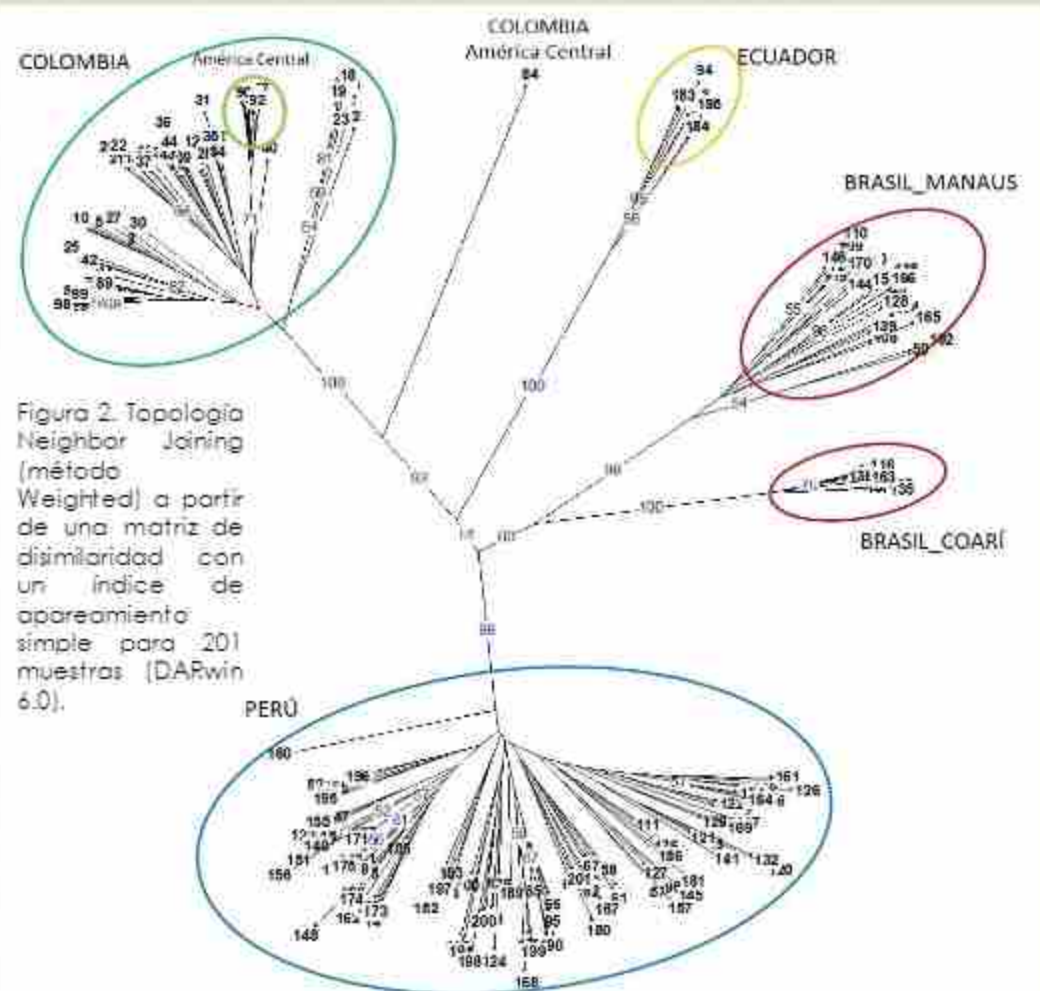


Figura 2. Topología Neighbor Joining (método Weighted) a partir de una matriz de disimilaridad con un índice de apareamiento simple para 201 muestras (DARwin 6.0).

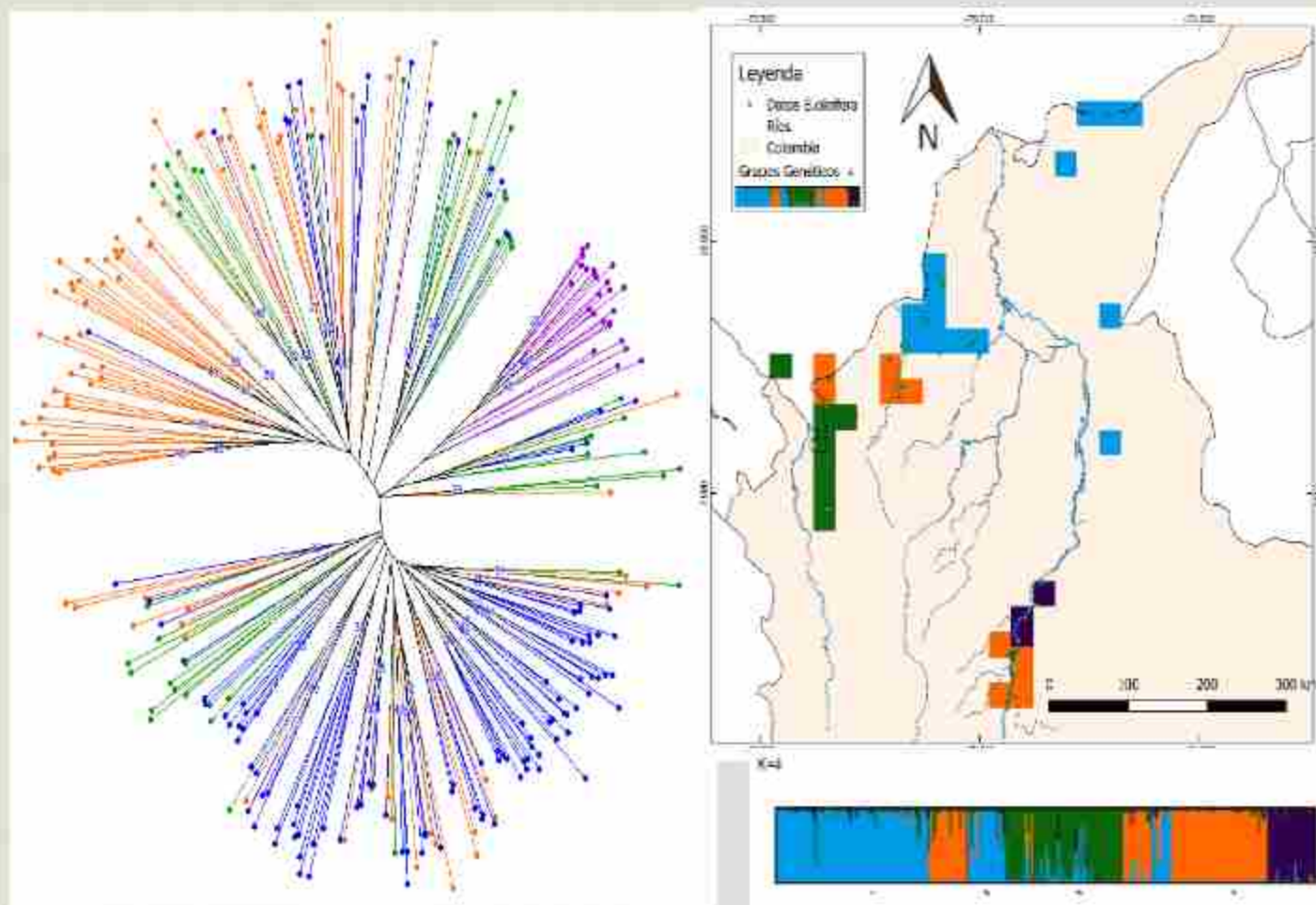


Resultados Cenipalma 2015-2020

Colección de *E. oleifera* proveniente de diferentes zonas de las regiones Caribe y Andina de Colombia establecida en previvero y con análisis de diversidad genética y fenotípica. Resultados 2018-2019



Imágenes de los nichos de la especie *E. oleifera* en condiciones silvestres



Representación de los grupos que representan la estructura genética de la especie *E. oleifera* en Colombia

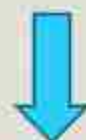
**Cada combinacion es única:
comportamiento ≠ entre ellos**

Coari
Manaos
Taisha
Brasil
Perú
Cereté
Manicoré
Surinam...

Palma americana



Elaeis oleifera

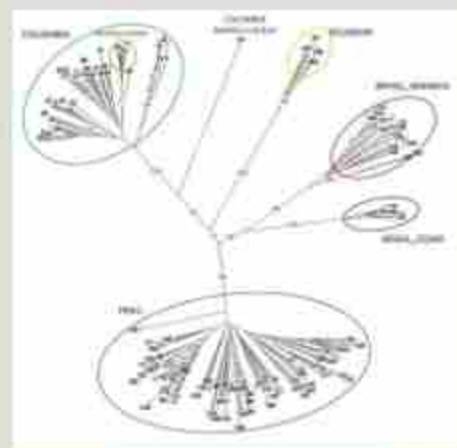


Palma africana



Elaeis guineensis

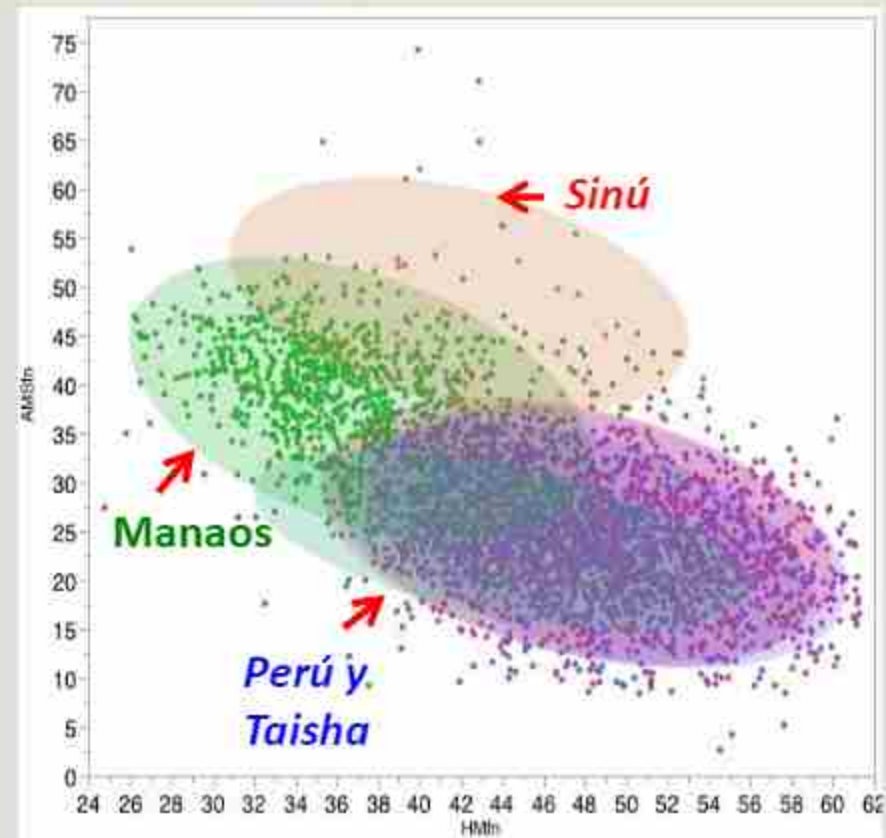
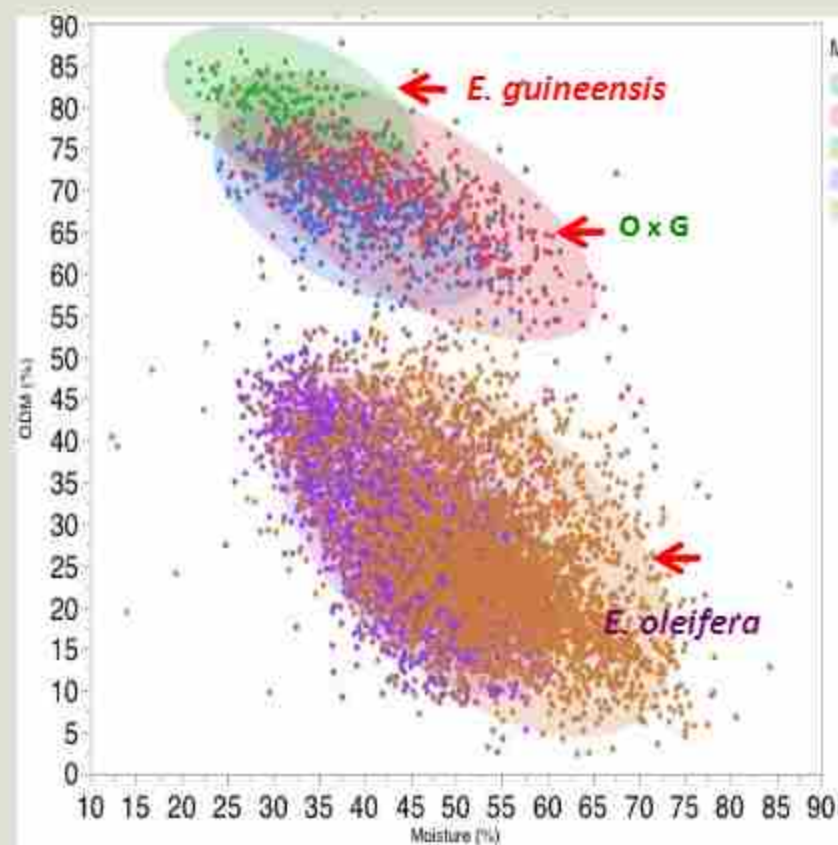
La Mé
AVROS
Compacta
Ekona
Deli
Yangambi
Angola
Djongo...



Híbrido interespecífico OxG

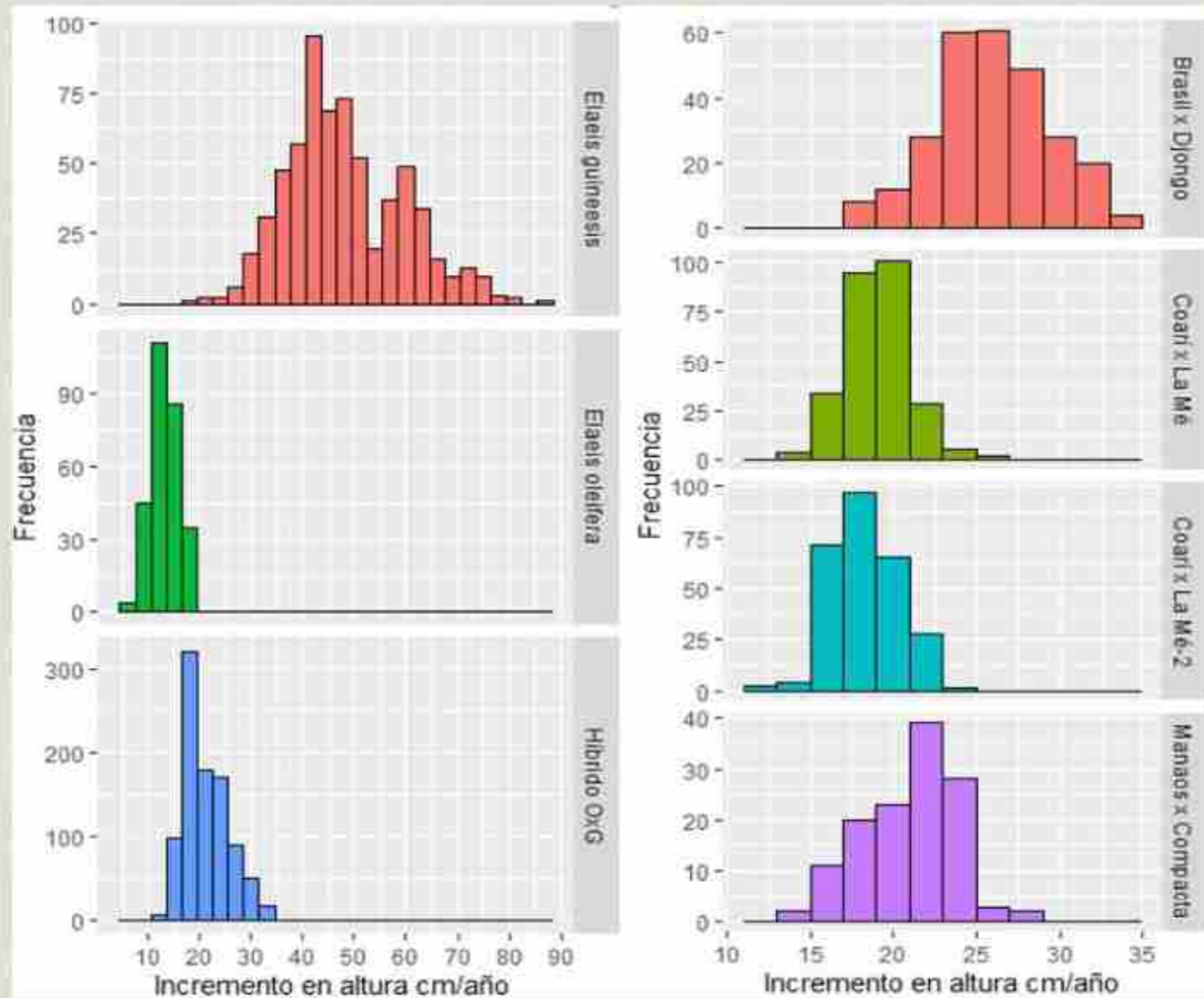
Síntesis de aceite en el mesocarpio

Aceite a mesocarpio seco (%)

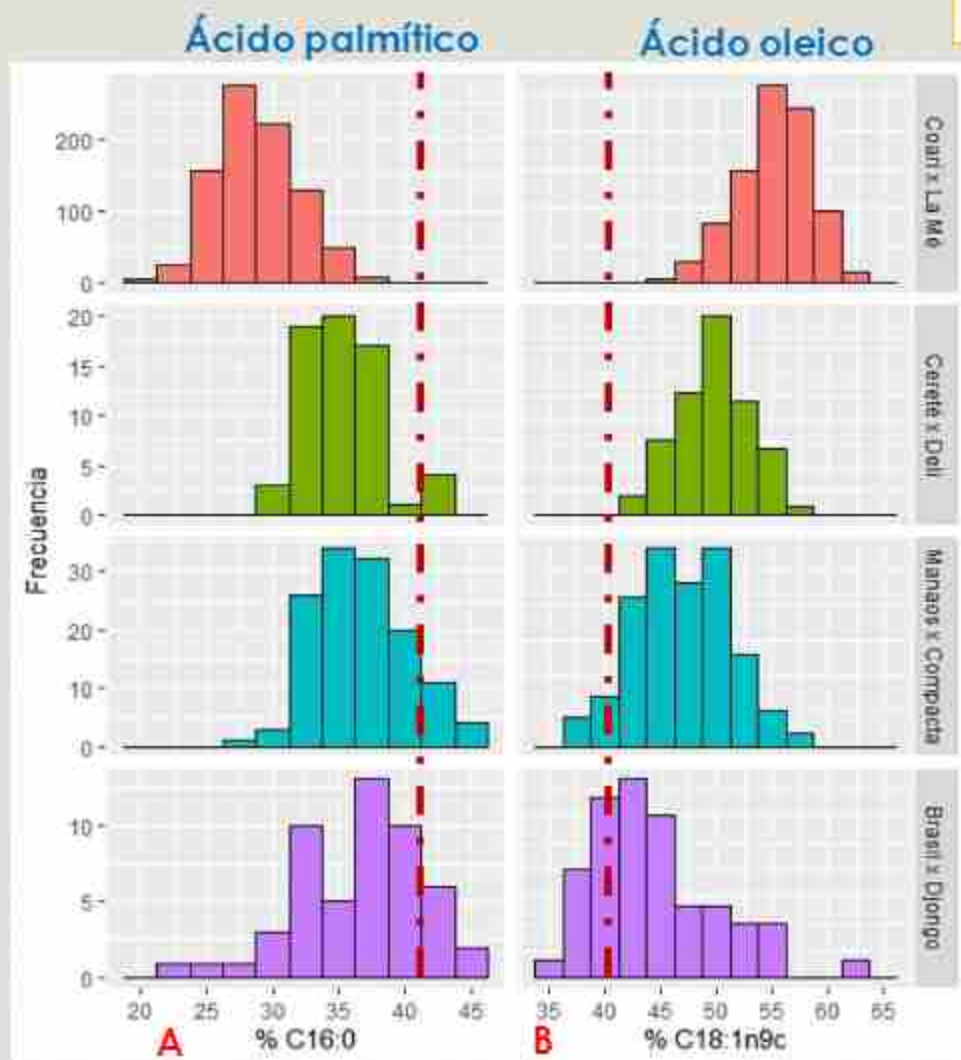


Altura en los híbridos OxG

Todos los híbridos OxG presentan un bajo crecimiento del estípite o tallo en relación a los cultivares *E. guineensis*, permitiendo una mayor vida económica del cultivo

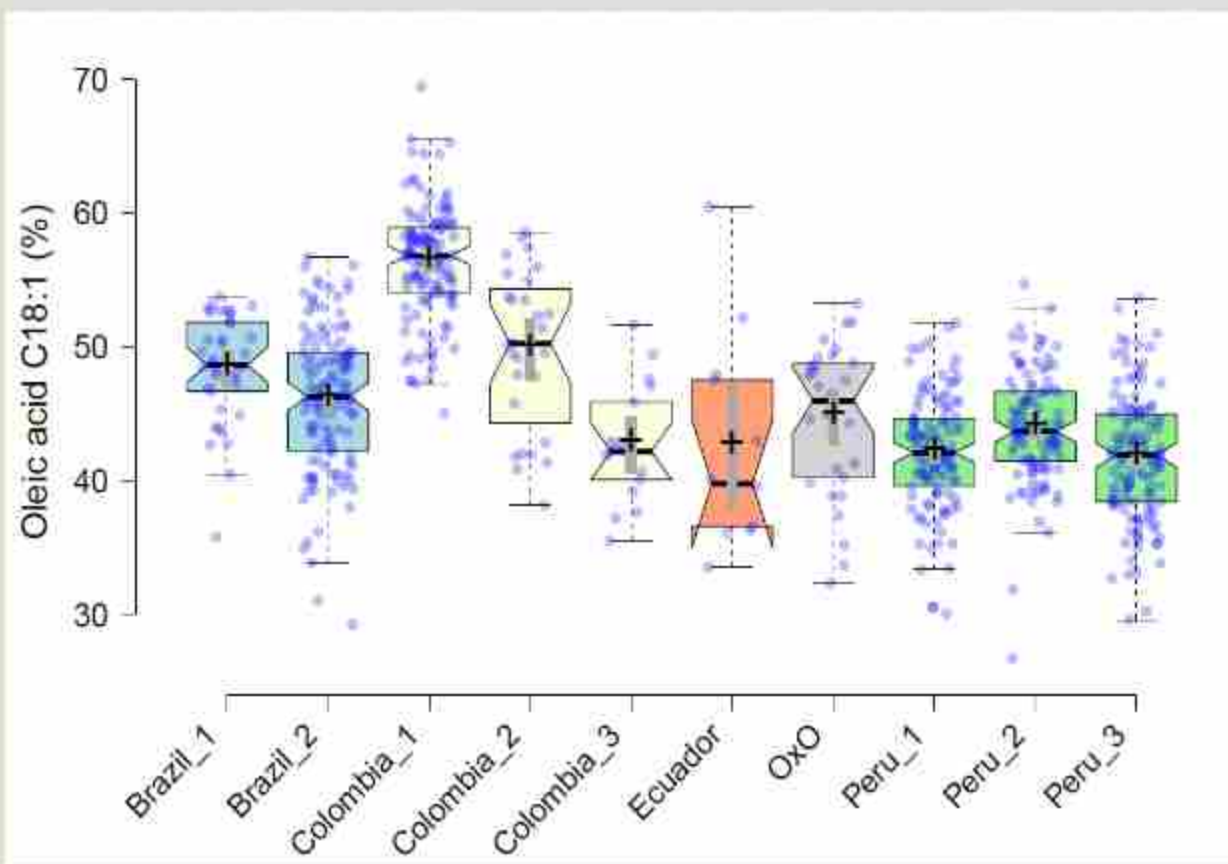


Ácidos grasos en los híbridos OxG y *Elaeis oleifera*



Linea roja: referencia de *E. guineensis* para ácido palmítico (% C16:0) panel A y ácido oleico (% C18:1) en el panel B.

Libro híbrido OxG, capítulo 5, Ayala, I, et al 2023

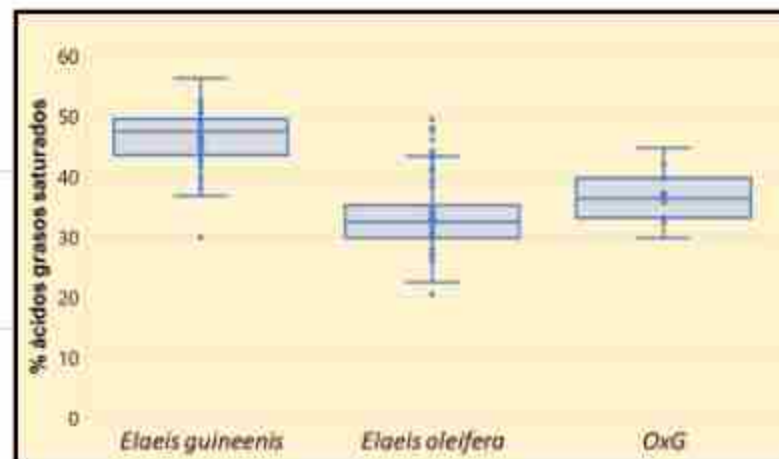


No todos los híbridos OxG son alto oleico, pero todos los híbridos OxG presentan altos contenidos de ácidos grasos mono y polinsaturados superior a *E. guineensis*

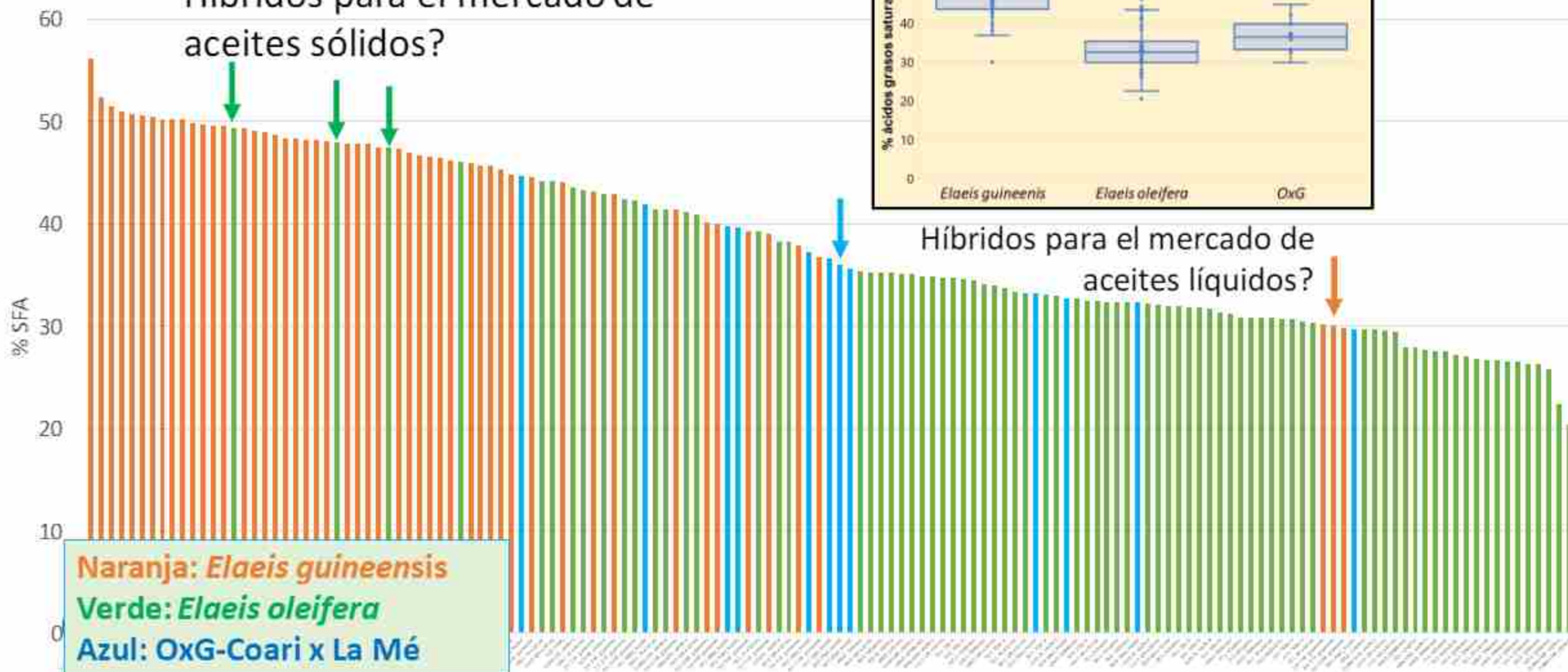
Evaluación de las colecciones biológicas de Cenipalma: *E. guineensis* y *E. oleifera*: Variabilidad de ácidos grasos saturados en el aceite de palma de aceite.



Híbridos para el mercado de
aceites sólidos?



Híbridos para el mercado de
aceites líquidos?

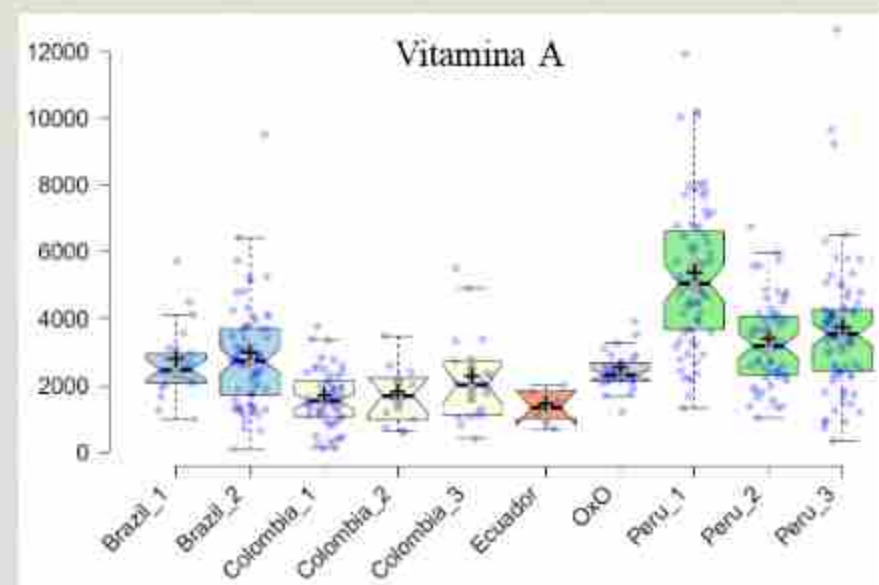
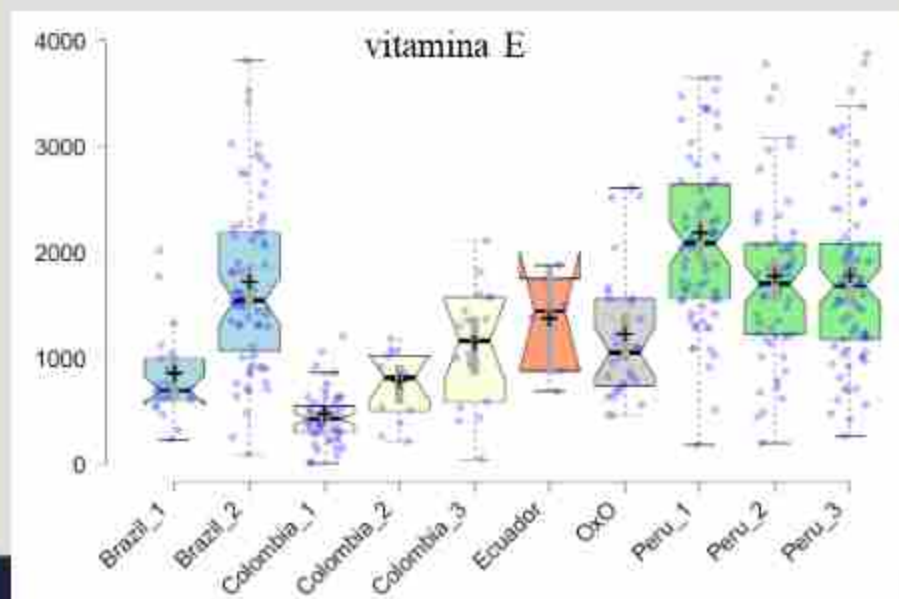


Contenido de nutraceuticos en híbridos OxG y *E. oleifera*

Compuestos menores	Coari x La Mé			Cereté x Deli			Brasil x Djongo			Manaos x Compacta			<i>E. guineensis</i> - DxP		
	Promedio	Mín	Máx	Promedio	Mín	Máx	Promedio	Mín	Máx	Promedio	Mín	Máx	Promedio	Mín	Máx
Vitamina E (mg kg ⁻¹)	1445,9	897,9	1873,3	1036,5	652,3	1473,4	547,8	213,4	1193	274,7	52,9	490,6	853,9	665,3	1127,3
Carotenoides (mg kg ⁻¹)	1026,0	775,3	1245,5	854,0	209,1	1684,1	765,5	301,6	1773,9	244,3	34,5	628,9	753,3	387,4	943,3

Donde, vitamina E: suma de tocotrienoles y tocoferoles, y carotenoides (Vitamina A): suma de alpha y beta-carotenos. Fuente: Cenipalma.

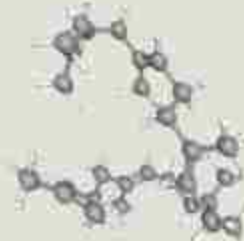
Cenipalma 2023, Libro OxG, cap 17: I. Ayala, A. Gonzalez, J.A. García, H.M. Romero, et al



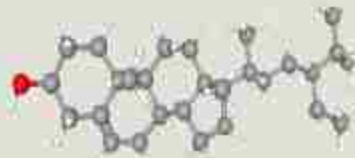
Fitoquímicos en OxG: Compuestos biológicamente activos, de origen natural, con potenciales aplicaciones farmacéuticas, nutraceuticas y cosméticas.



Vitamina E
(α -tocoferol)



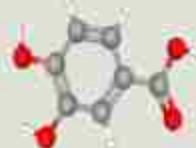
Isoprenoides
(Escualeno)



Fitoesteroides
(β -sitosterol)



Carotenoides
(β -caroteno)



Fenoles
(ácido
protocatequico)



Ubiquinonas
(concentración > 0.5 %
m/m)

- Mejora del sistema inmunitario
- Inhibición de radicales libres
- Prevención de la hipertensión

Fitoesteroides
(concentración > 95 % m/m)

- Hipocolesterolemizante (reducción del colesterol)

Fosfolípidos
(concentración > 0.1 % m/m)

- Efectos sinérgicos con los tocoles en términos de propiedades antioxidantes

Carotenoides
(concentración > 95 % m/m)

- Inhibidor de oxígeno singlete
- Anticancerígeno
- Pro-vitamina A
- Prevención de la xerofthalmia nocturna

Escualeno
(concentración > 50 % m/m)

- Precursor metabólico del colesterol y otros esteroides
- Antioxidante
- Refuerza el sistema inmunitario

Tocoles (tocoferoles y tocotrienoles)
(concentración > 95 % m/m)

- Antiplaquetario y antiinflamatorio
- Hipocolesterolemizante (reducción del colesterol)
- Previenen la formación de coágulos en las arterias

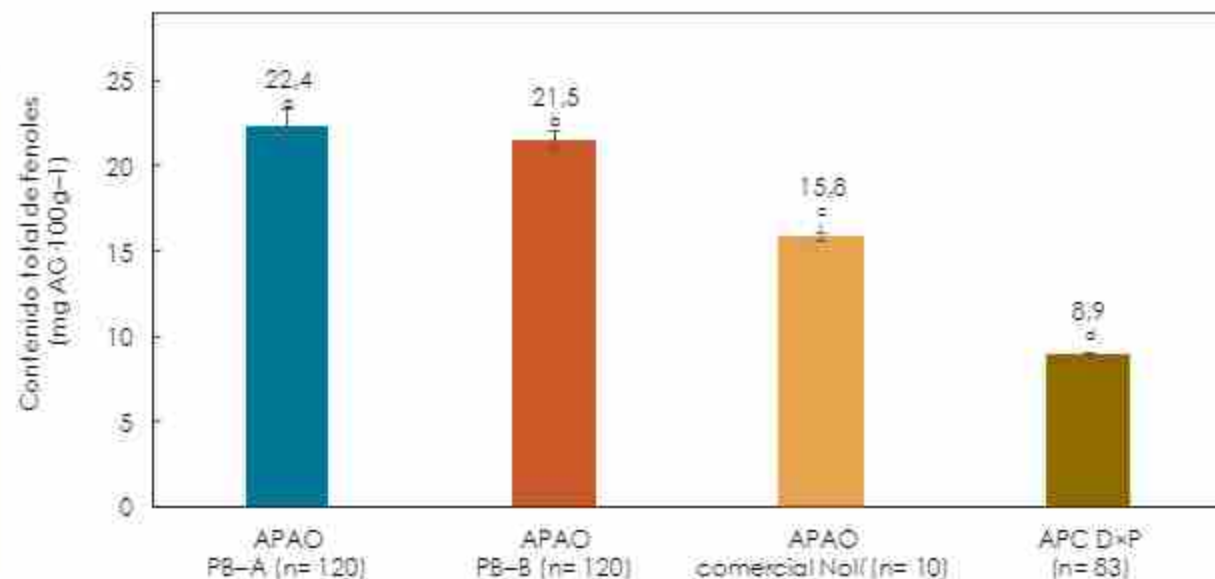
**FITO-
Químicos**

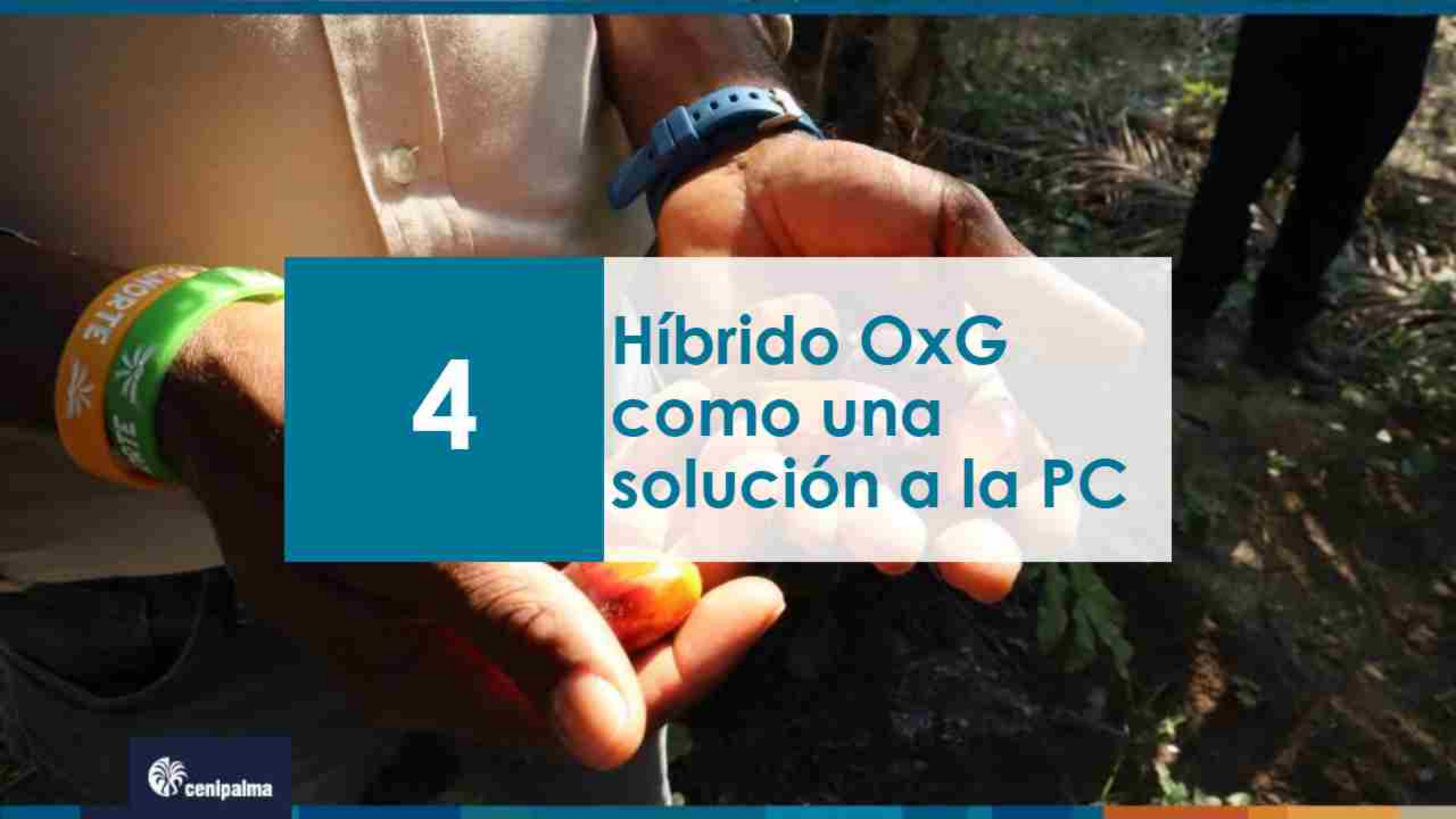
Actividad antioxidante y contenido fenólico total en extractos metanólicos de aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico (Coari x La Mé)



Figura 7. Porcentaje de inhibición del radical libre DPPH• por extractos metanólicos de APAO crudo (PB-A: Planta de beneficio A; PB-B: Planta de beneficio B), de APAO comercial Noli® y de APC DxP. Las barras de error corresponden al error estándar de la media.

Figura 8. Compuestos fenólicos y polifenólicos totales en APAO crudo (PB-A: Planta de beneficio A; PB-B: Planta de beneficio B), de APAO comercial Noli® y de APC DxP.

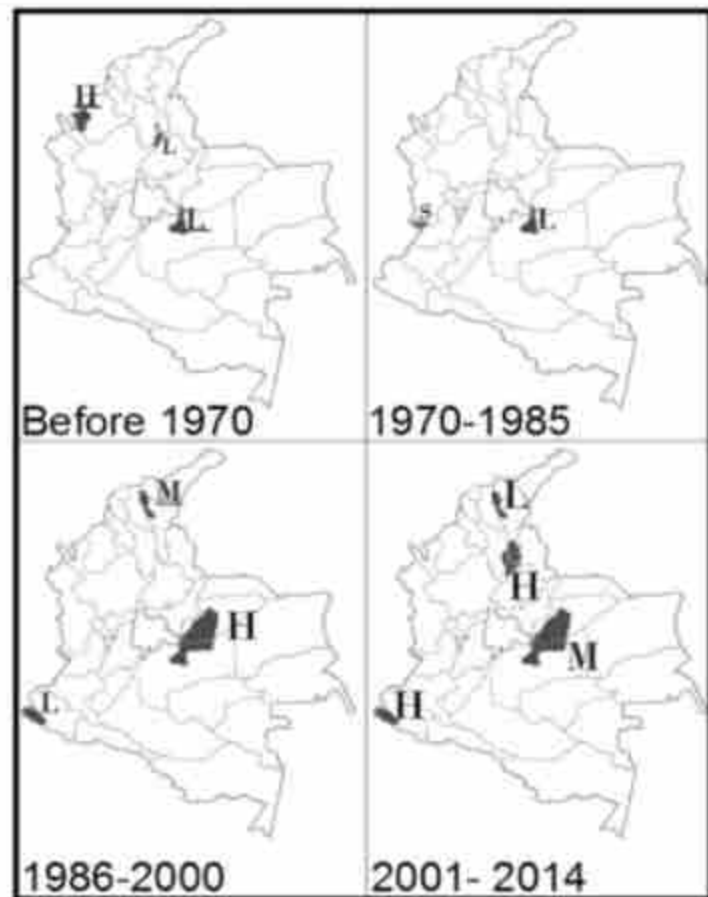




4

Híbrido OxG
como una
solución a la PC

Pudrición en Cogollo en Colombia



Tomado de Torres *et al*, 2015



Phytophthora palmivora como agente causal
Cenipalma,
Martinez *et al*,
2008



Tomado de Sarria *et al*, 2015



Tomado de Torres *et al*, 2015

PC Tumaco 2008



Pudrición en Cogollo en Colombia

Área afectada por PC ZC: 45.500 ha
Pérdida Económica: **1.013 millones USD**

Área Perdida por PC Z So: 35.230 ha
Pérdida Económica: **1.139 millones USD**

**Pérdida económica por PC y
ML en Colombia – cierre
septiembre 30 de 2022:**

3.36 billones USD



Área Afectada por PC ZN incluyendo
Magdalena: 27.500 ha
Pérdida Económica: **613 millones USD**

De las cuales:

Área Afectada por PC Magdalena: **25.000 ha**
Área ya eliminada por PC Magdalena: **20.000 ha**

Palmas Perdidas por ML en 167.900 ha con
trazabilidad: **1.300.000 palmas**
Pérdida Económica: **240 millones USD**
Área con merma productiva por PC ZO
media 3 años: **60.000 ha**
Pérdida Económica: **351 millones USD**

Espacio-temporal



P. palmivora

- Manejo de la enfermedad-
Decalogo de la PC
- Antagonistas: Control biológico
ejm, Trichoderma

Corto y mediano plazo

- *E. guineensis* comerciales -> **S**
- Híbrido OxG -> **R**, pero?
- Fuentes de resistencia en *E. guineensis*?

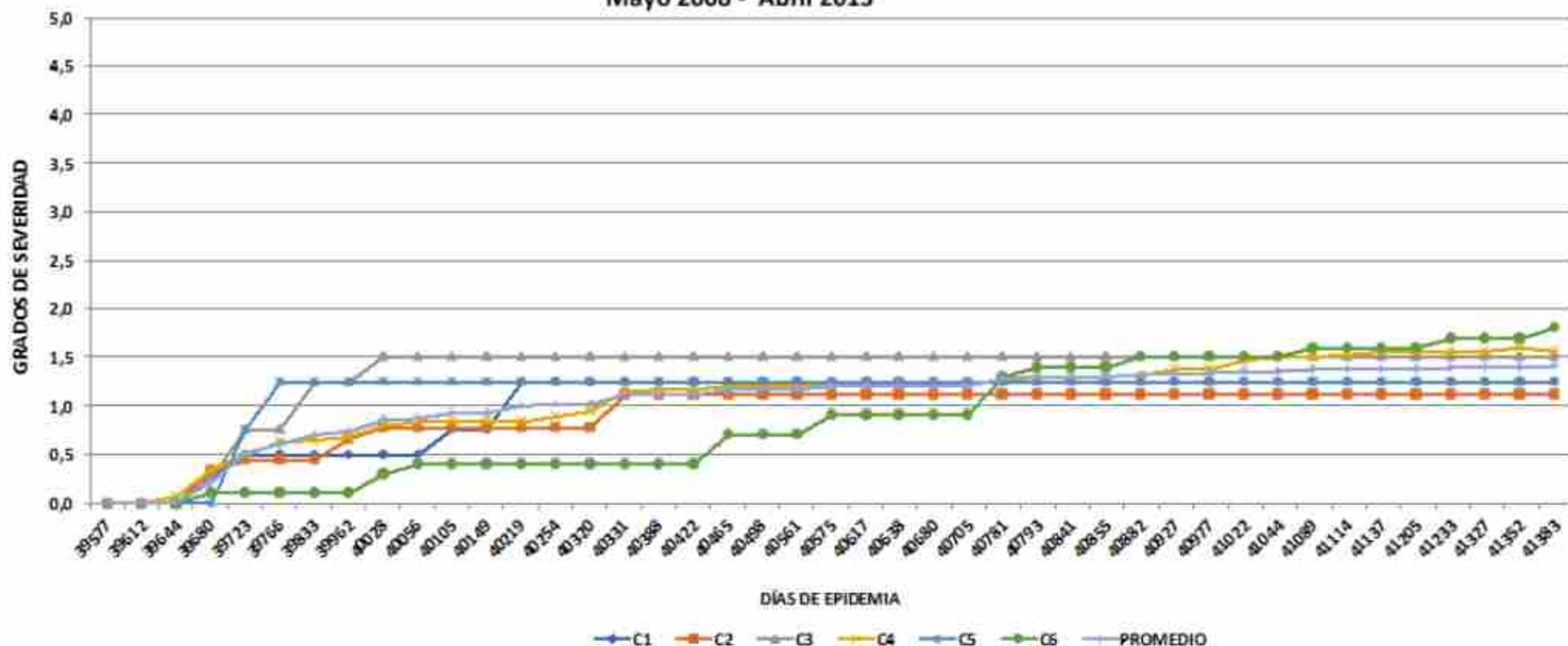
Mediano y largo plazo

E. oleifera evaluada en hot spots para la PC

CURVAS DE PROGRESO DE SEVERIDAD DE PC EN 6 ACCESIONES DE *E. oleifera*

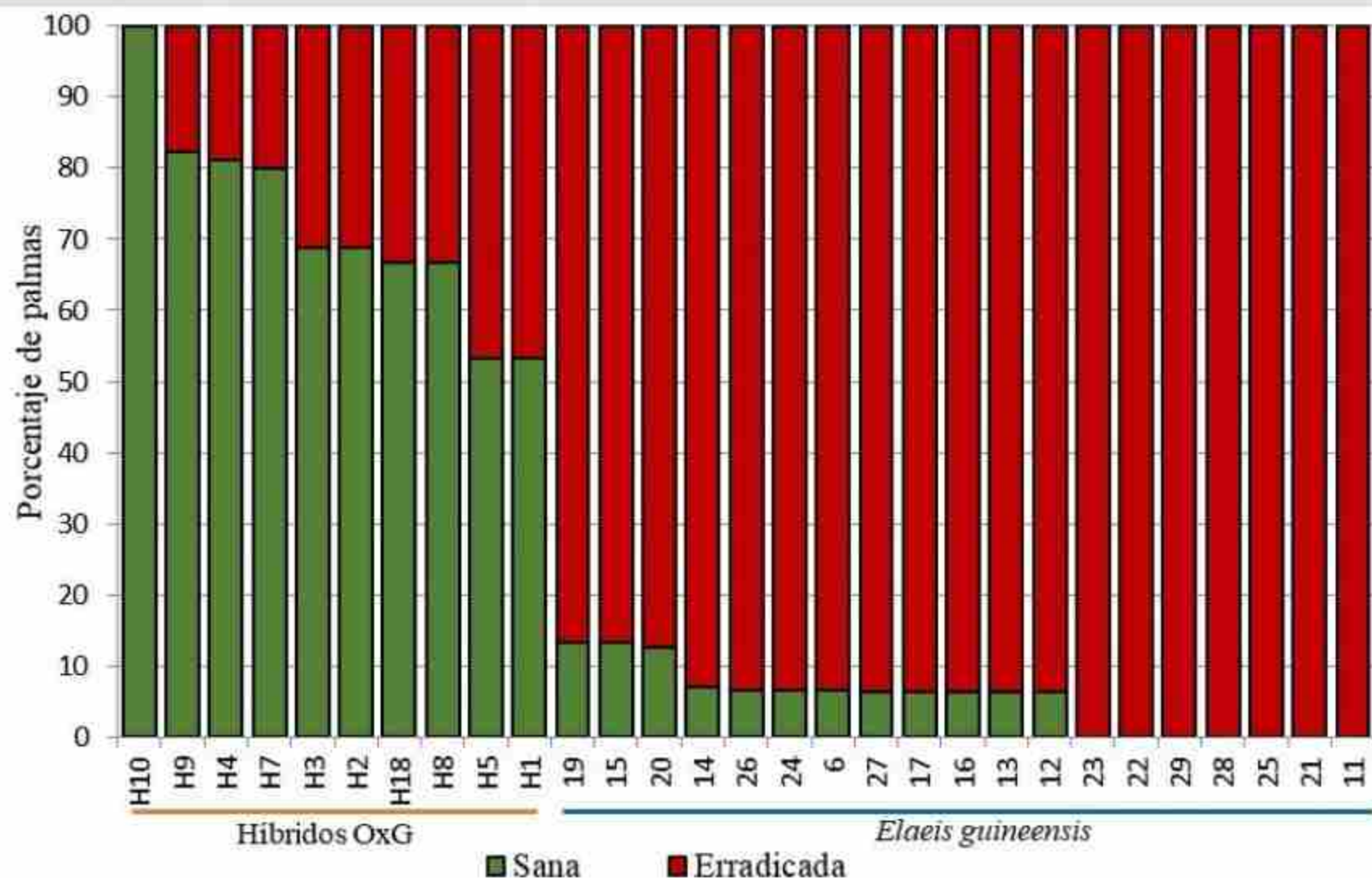
Plantación B - Tumaco

Mayo 2008 - Abril 2013



PC en híbridos OxG

No todos los híbridos OxG son altamente resistentes a la PC, incluso algunos pueden ser considerados como susceptibles.



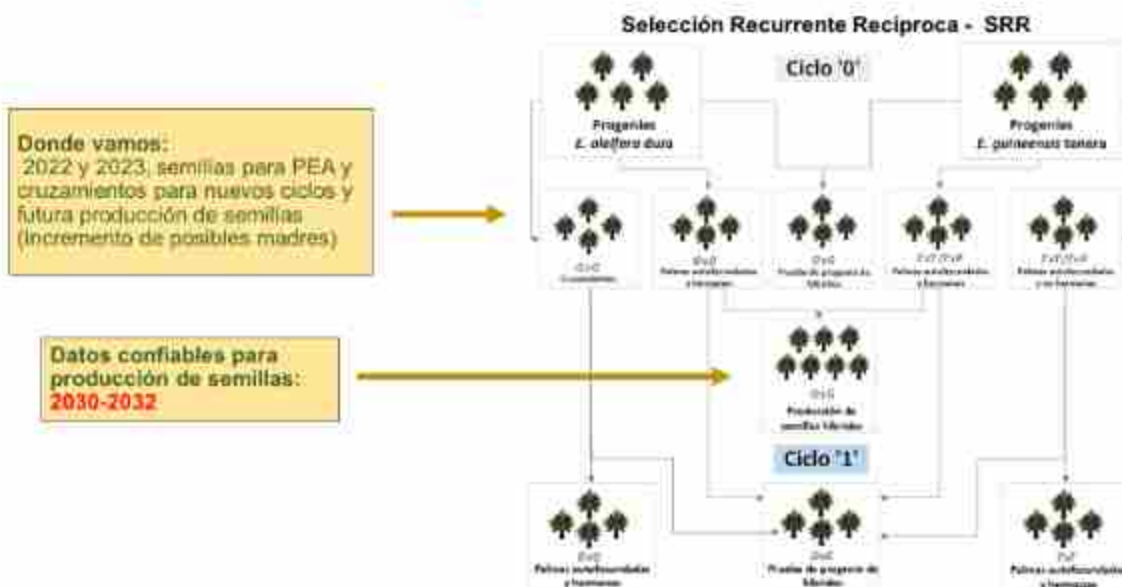
PEA 3. Cultivares OxG con alta producción de racimos de fruta fresca y altas tasas de extracción



O x G



Métodos de mejoramiento en Palma de Aceite



TECNOLOGÍAS PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LA PC

- ✓ Búsqueda de alternativas químicas – Zona Suroccidental



TECNOLOGÍAS PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LA PC

✓ Búsqueda de alternativas biológicas – Zona Norte



TECNOLOGÍAS PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LA PC

✓ Búsqueda de alternativas biológicas – Zona Norte

Prueba *in vitro* de competencia con bacterias endófitas



TBE037 cenipalma



TBE042



TBE047



TBE056



CONTROL



TBE056



CONTROL



5

Plagas y enfermedades de los híbridos OxG: Mitos y realidades

Principales plagas reportadas en los híbridos OxG



Leptopharsa gibbicarina



Stenoma cecropia



Euprosterna elaeasa



Opsiphanes cassina



Sibine fusca



Leucothyreus femoratus



Brassolis sophorae



Rhynchophorus palmarum



Strategus aloeus



Sagalassa valida

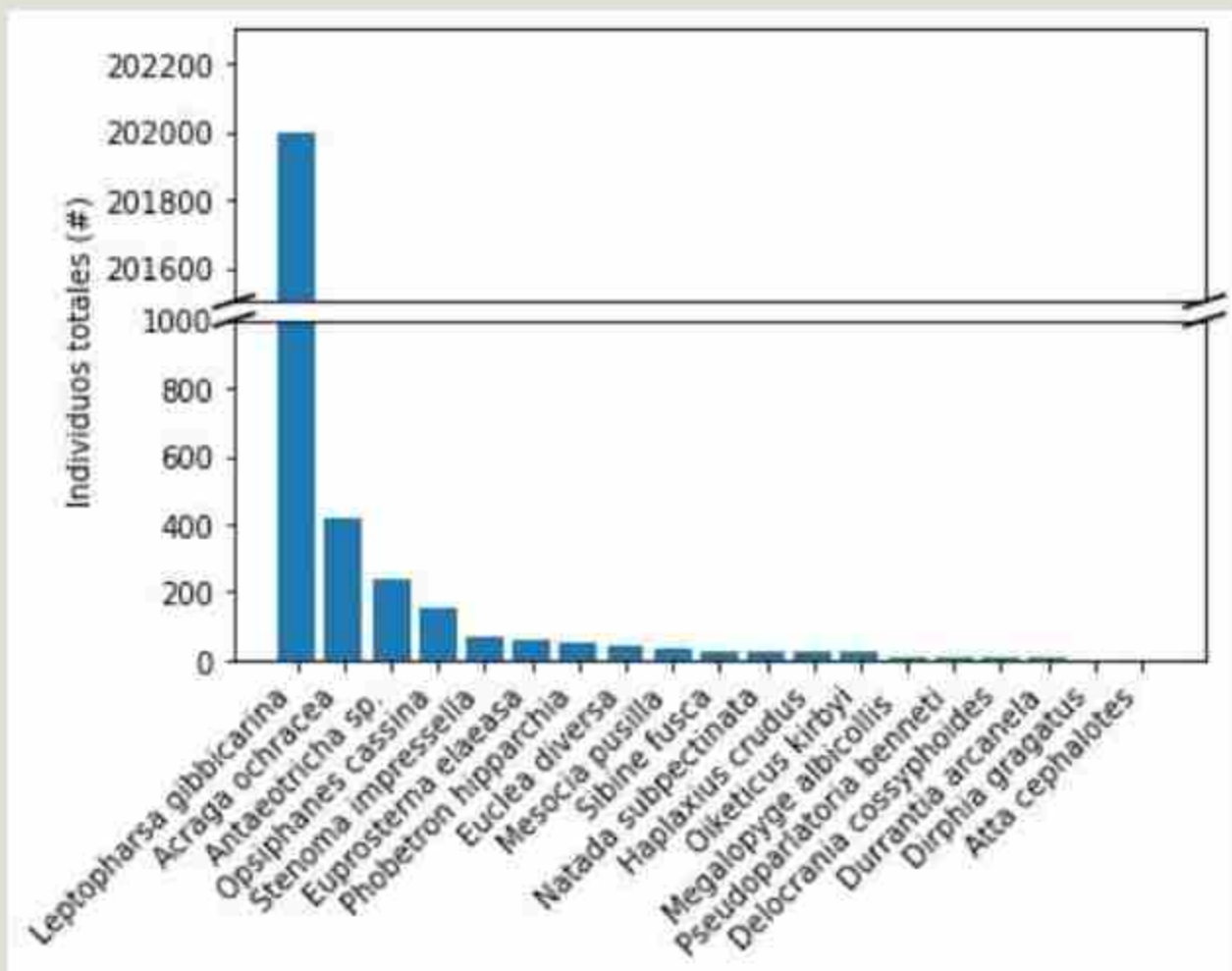


Demotispa neivai



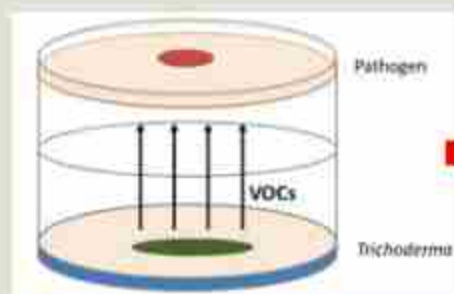
metti

Especies de insectos plaga colectados en cultivares de palma de aceite en la Zona Central



TECNOLOGÍAS PARA EL MANEJO INTEGRADO DE OE - Pestalotiopsis

✓ Alternativas biológicas para el control de *Pestalotiopsis*



Diseño: DCA
Tratamientos: 6
Repeticiones: 6
Unidad experimental: Caja Petri con la interacción
Variables de respuesta: Crecimiento radial, PIC



Cultivo Dual

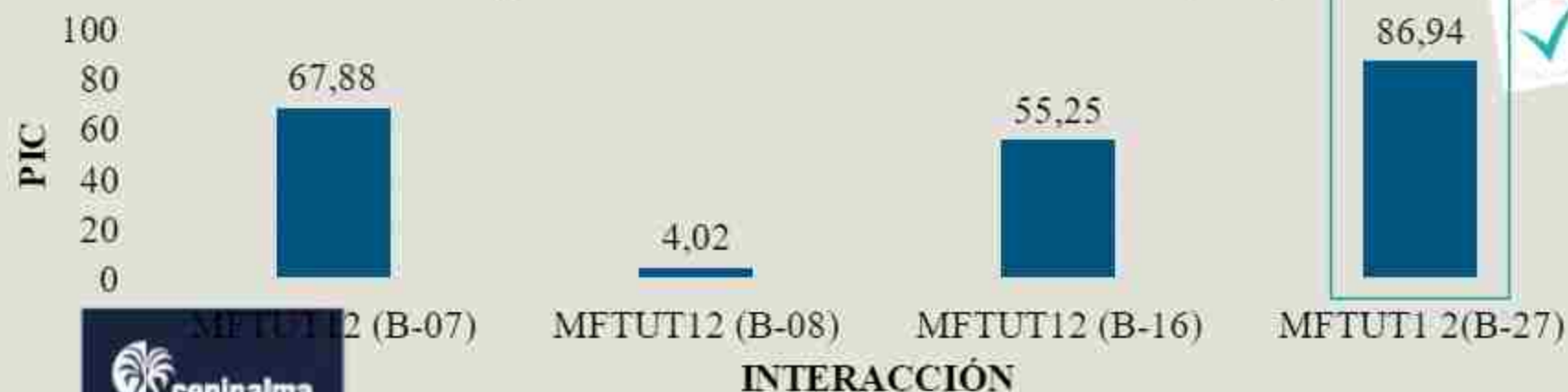


Control

Diseño: DCA
Tratamientos: 25
Repeticiones: 10
Unidad experimental: Caja con el cultivo dual
Variables de respuesta: Crecimiento radial, PIC

$$\text{Calculo PICr } PICr = \left[\frac{C1 - C2}{C1} \right] \times 100$$

Porcentaje de inhibición del crecimiento (PIC)





Pudrición de las bases peciolares en híbrido OxG



Estrategias
de manejo



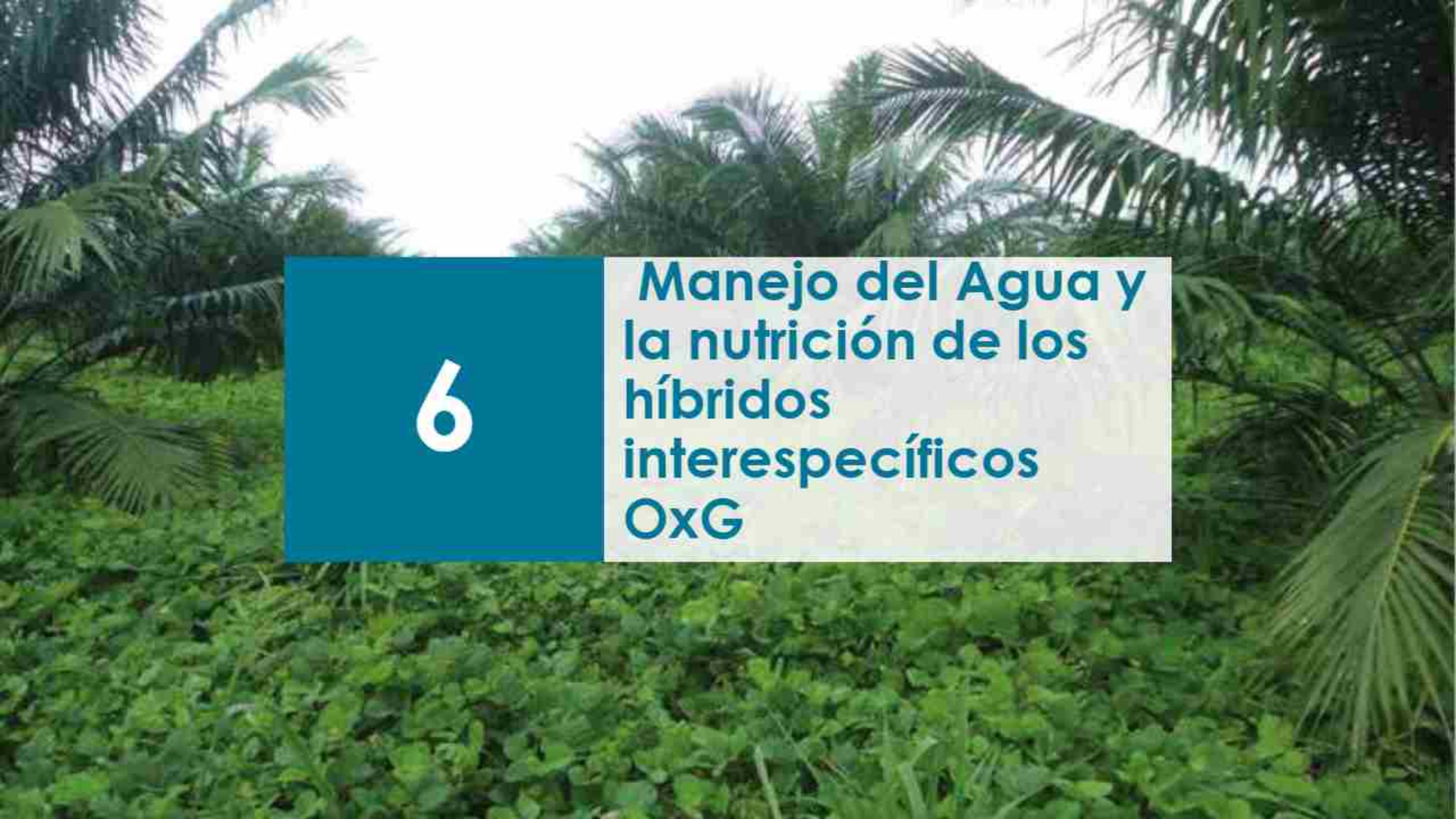
Cenipalma,
Sarria, et al 2023

**Pasta: Fungicida +
Insecticida +
Bactericida + Agua +
Coadyavante**

Preguntas mentimeter

Ingresa al enlace compartido en el chat o escanee el código QR para participar en la ronda de preguntas

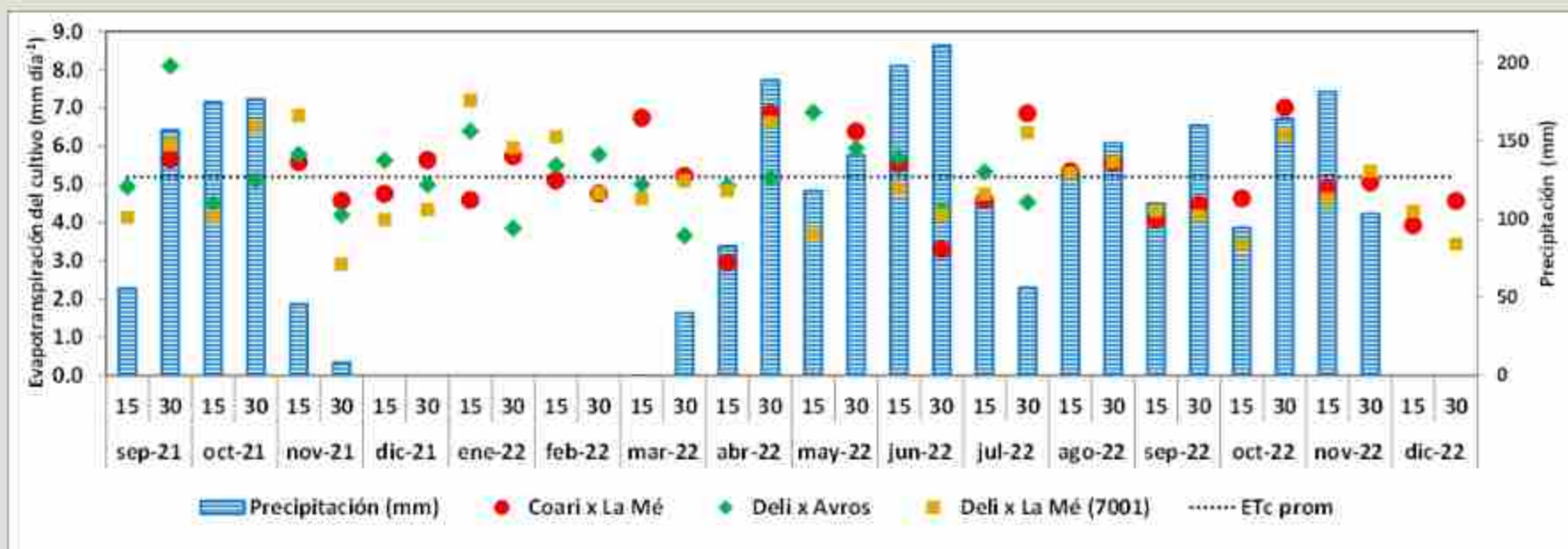




6

Manejo del Agua y la nutrición de los híbridos interespecíficos OxG

ET de la palma de aceite en su sexto año bajo condiciones de la ZN (Híbrido interespecífico OxG y *Elaeis guineensis*)



Bajo condiciones de la ZN, en su sexto año, el RH de los cultivares híbrido OxG y *Elaeis guineensis* fue similar con un valor medio de 5.5 mm día⁻¹ (rango: 2.0 – 10 mm día⁻¹)

Tabla resumen: Requerimiento hídrico de los cultivares (Deli x AVROS), Millenium 7001 (Deli x La Mé), Deli x Ghana y el híbrido Coari x La Mé en condiciones de la ZN

Parámetro		Dami Las Flores (Deli x AVROS)				Millenium 7001 (Deli x La Mé)				ASD Costa Rica (Deli x Ghana)	La Cabaña (Coari x La Mé)
		3 año	4 año	5 año	6 año	3 año	4 año	5 año	6 año	10-15 años	6 año
		4.2	5.9	6.1	5.45	4.3	5.9	5.7	5.4	5.4	5.4
Etc	ETc (mm/día)	4.2	5.9	6.1	5.45	4.3	5.9	5.7	5.4	5.4	5.4
Kc	ETc = Kc * ETo	0.7	0.85	0.9	0.9	0.7	0.85	0.9	0.9	0.9	0.9
K _y	ETc = K _y * EV	1	1.4	1.4	1.2	1.1	1.4	1.3	1.2	1.1	1.2

Rangos en palma

2-10 mm/día

2 - 7 mm/día

2.1 - 10 mm/día

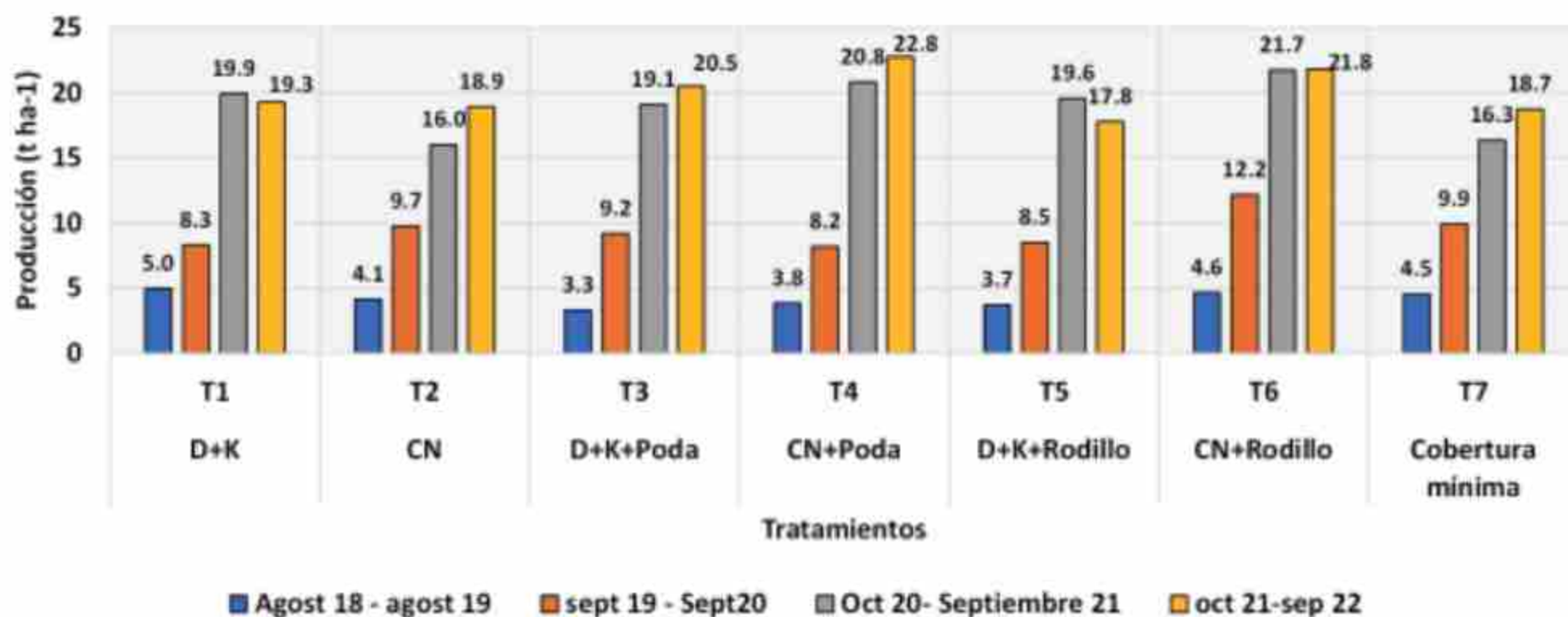
Comparación de la Etc de la palma con otros cultivos

Cultivo	Etc (mm/día)	Factor Kc medio del Cultivo	Litros/día/ha
Aguacate	4.00	0.80	40 000
Maíz	5.75	1.15	57 500
Algodón	5.75	1.15	57 500
Soya	5.50	1.10	55 000
Palma (3-4 años)	4.30	0.70	43 043
Palma (adulto)	5.50	0.90	55 000
Caucho	4.50	0.90	45 000
Café	4.50	0.90	45 000
Banano	5.50	1.10	55 000
Caña	6.00	1.20	60 000
Pasto Extensivo	3.50	0.70	35 000
Pasto Rotación	4.50	0.90	45 000
Arroz	5.75	1.15	57 500

El RH de la palma es menor que cultivos como la caña de azúcar, arroz, maíz y algodón

Efecto de las coberturas en la producción del híbrido interespecífico OxG Coarix La Mé

RFF (t ha⁻¹) por año productivo



Tto	Descripción
1	Desmodium + kudzu
2	Cobertura nativa
3	Desmodium + Kudzu, podado a 30 cm
4	Cobertura nativa podado a 30 cm
5	Desmodium + Kudzu con pase de rodillo
6	Cobertura nativa con pase de rodillo
7	Testigo (suelo cobertura mínima)

Bajo las condiciones de la ZN mantener el suelo cubierto con coberturas vegetales no afecta la producción del cultivo. Por el contrario, se observa una tendencia a tener mejores rendimientos que el tratamiento de cobertura mínima

Biomasa para palmas de 10 años de siembra



Condiciones de las palmas de muestreo

En híbridos interespecíficos OxG

Biomasa total/ palma: 840,2 Kilogramos.

Biomasa total/ha: 96,62 toneladas

Arias et al., 2023

En palmas *E. guineensis**

Biomasa total/ palma: 667 Kilogramos.

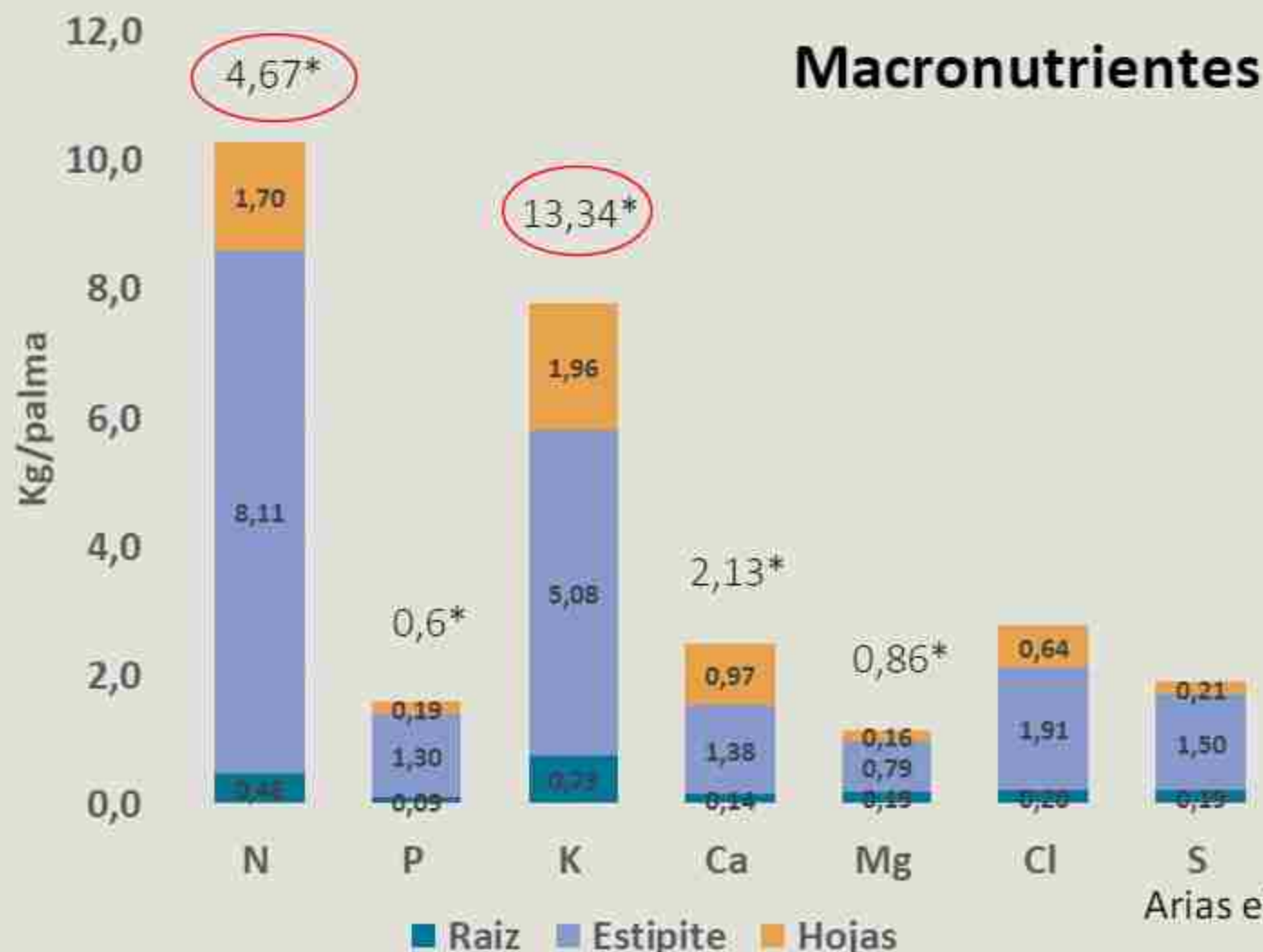
Biomasa total/ha: 95,38 toneladas

* Fuente: Cheah See Siang 1, *, Siti Aishah Abd Wahid 1 and Christopher Teh Boon Sung. 2022. Standing Biomass, Dry-Matter Production, and Nutrient Demand of Tenera Oil Palm

Absorción total de nutrientes para híbridos interespecíficos O×G



Condiciones de las palmas de muestreo



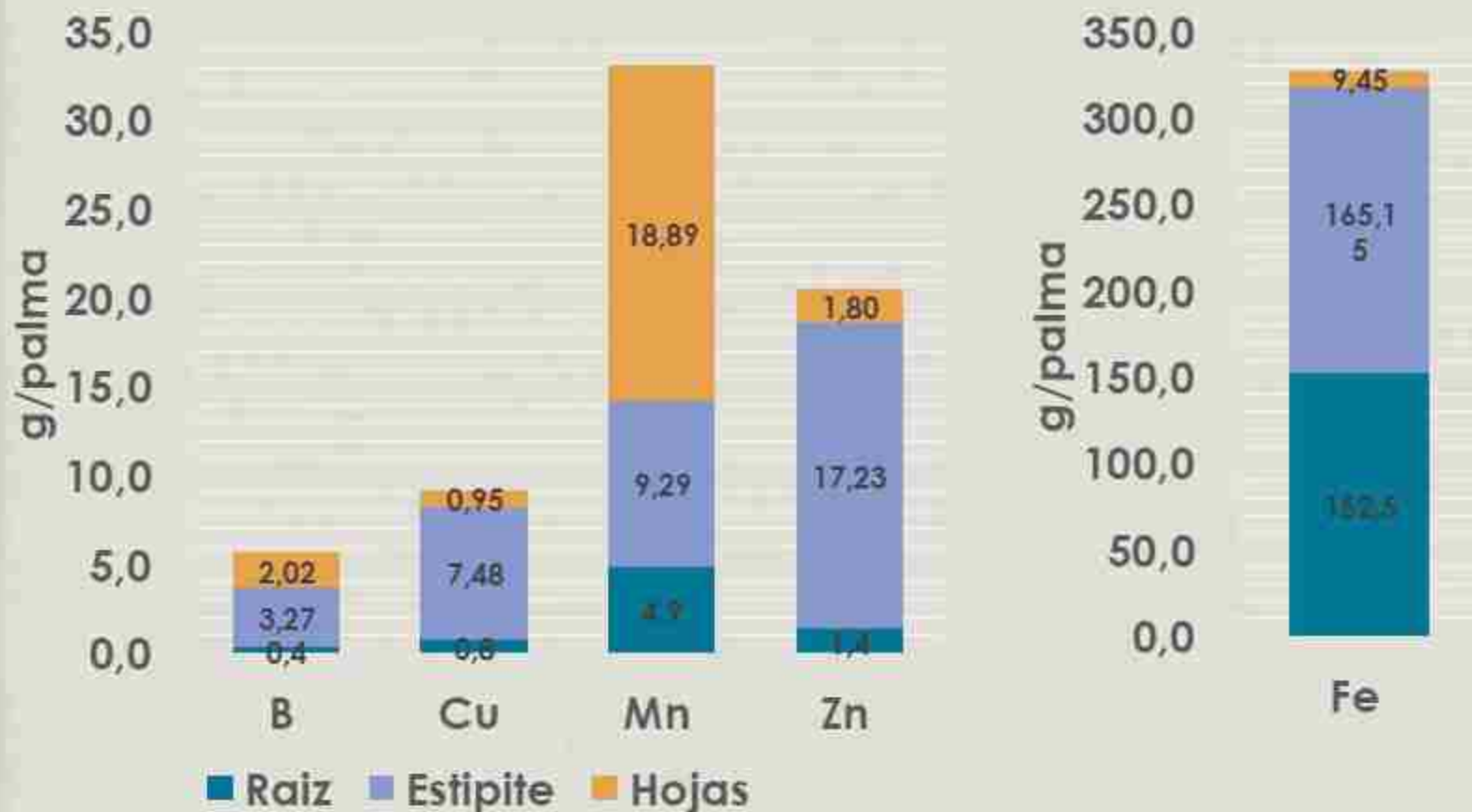
Arias et al, 2023

Absorción total de nutrientes para palmas híbrido OxG



Condiciones de las palmas de muestreo

Micronutrientes



Total de nutrientes para palmas de 10 años de siembra



Condiciones de las palmas de muestreo

Nitrógeno

Híbrido OxG: **1181** kg/ha.

Palma E. guineensis: **667** Kg/ ha.



Potasio

Híbrido OxG: **893,6** kg/ha.

Palma E. guineensis: **1907** Kg/ ha.



Magnesio

Híbrido OxG: **131,1** kg/ha.

Palma E. guineensis: **122,98** Kg/ ha.



Calcio

Híbrido OxG: **286,35** kg/ha.

Palma E. guineensis: **304,59** Kg/ ha.



Arias et al., 2023

Requerimientos de nutrientes para cultivares *E. guineensis* e híbridos interespecíficos OxG

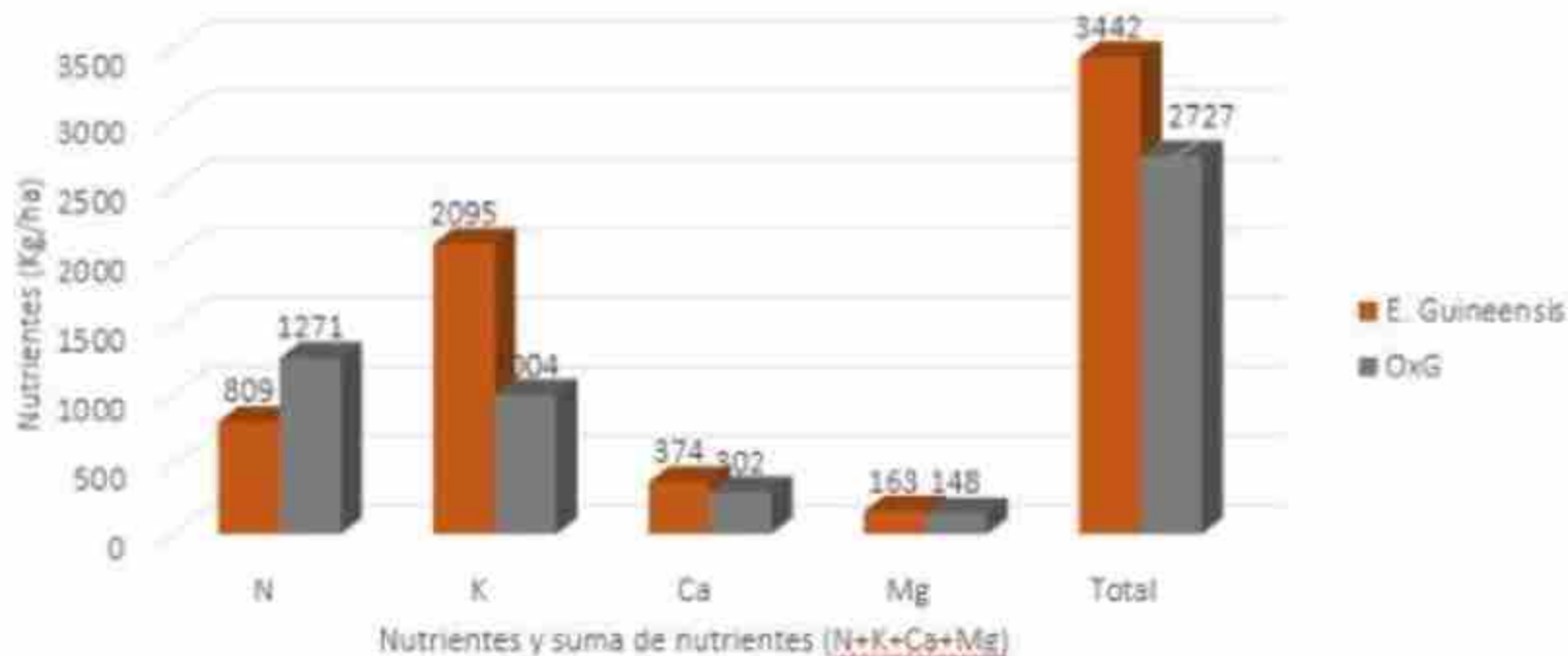


Palma *E. guineensis*



Palma híbrido OxG

Cantidades de nutrientes (Kg/ha) para un cultivo de 10 años y producción de 30 t de RFF/ha/año



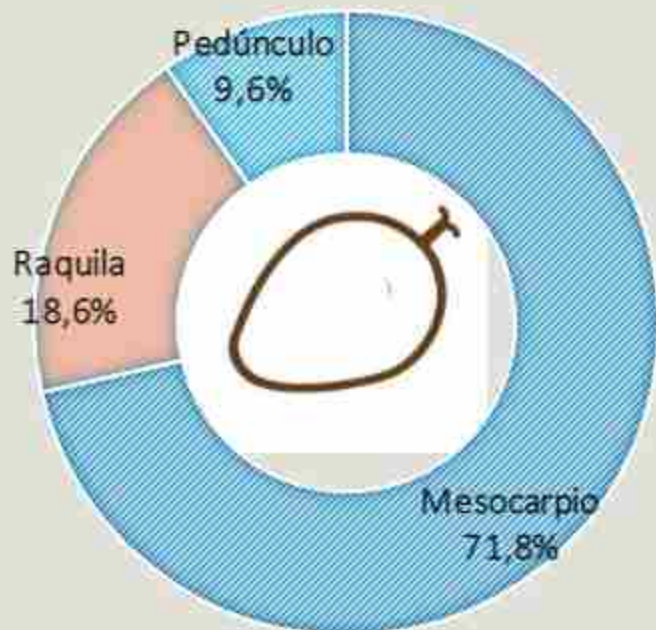
Los cultivares híbridos OxG no acumulan y extraen mayores cantidades de nutrientes con respecto a cultivares *E. Guineensis*,

Fuente: Cheah See Siang J., Siti Aishah Abd Wahid J and Christopher Teh Boon Seng. 2022. Standing Biomass, Dry-Matter Production, and Nutrient Demand of Tenera Oil Palm

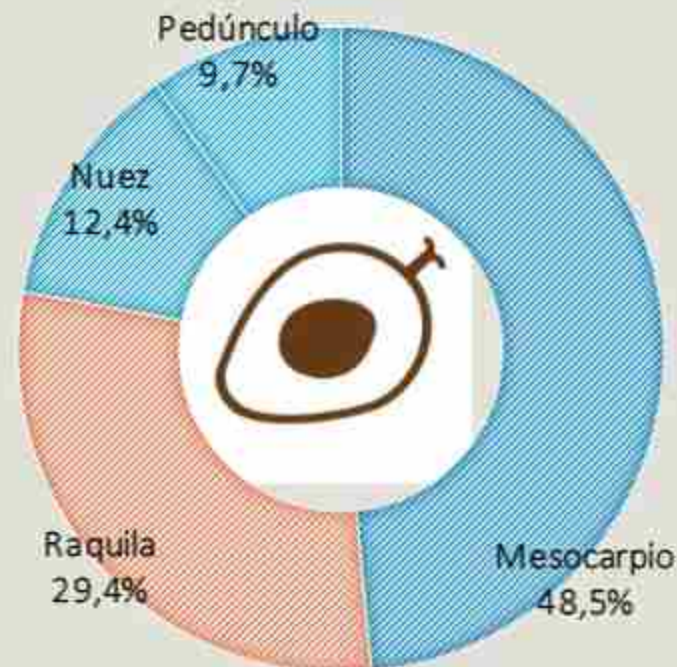
Distribución de estructuras en racimo

Cuantificar la extracción por cosecha bajo dos metodologías de polinización en palma híbrida OxG (Coari x La Mé y Manaos x Compacta)

Racimo con polinización artificial (ANA)

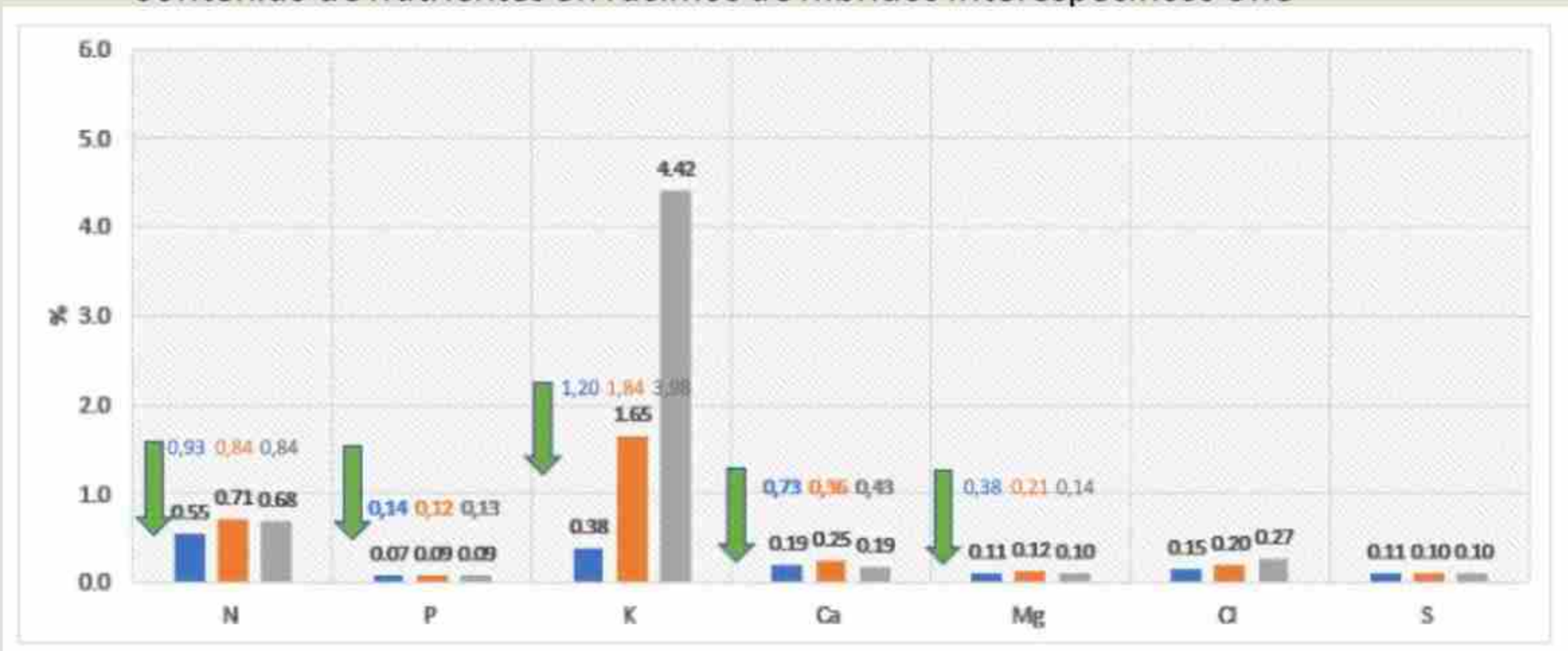


Racimo con polinización asistida (Polen)



Macronutrientes por estructura de racimos

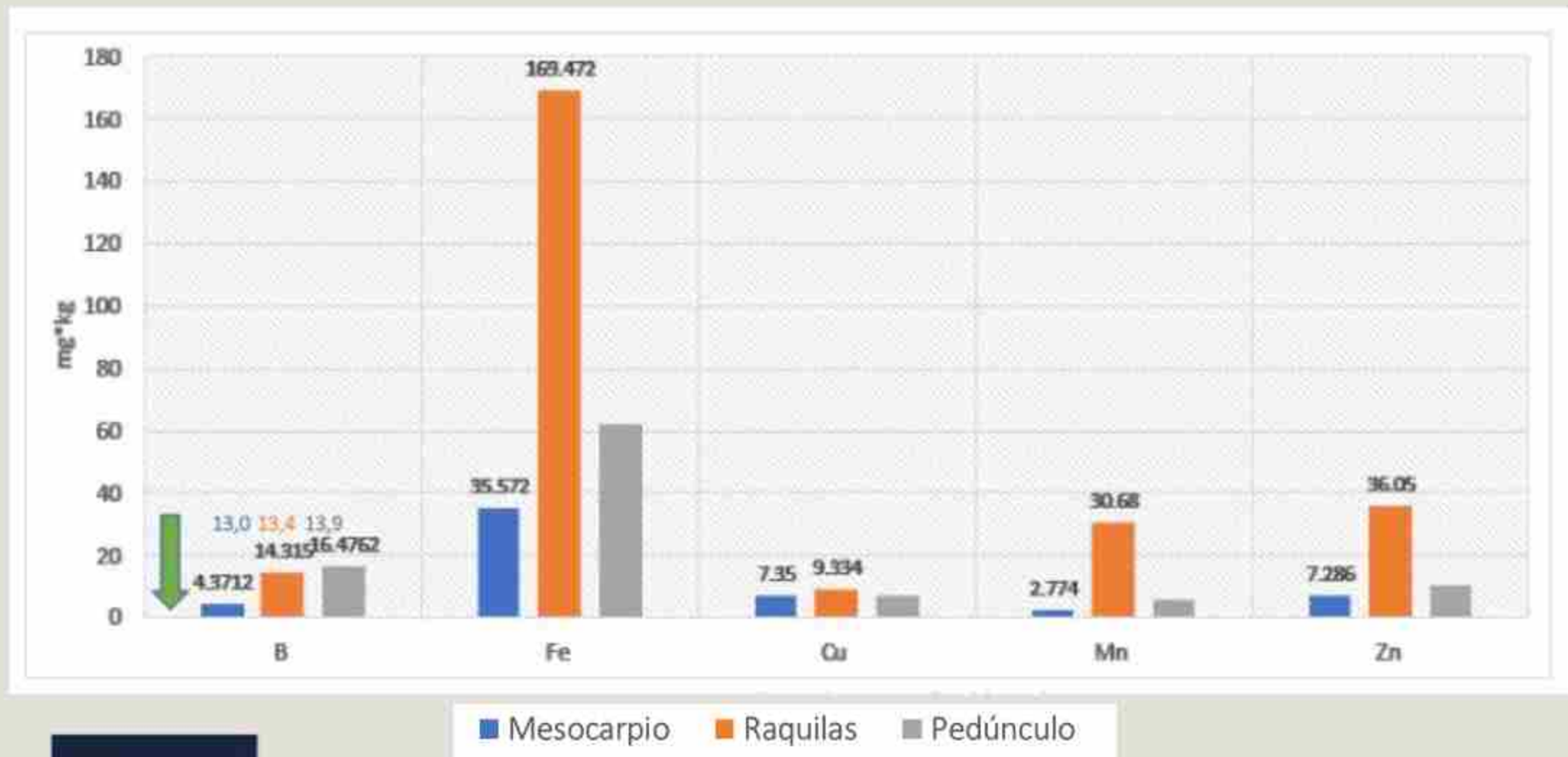
Contenido de nutrientes en racimos de híbridos interespecíficos O×G



■ Mesocarpio ■ Raquilas ■ Pedúnculo

Micronutrientes por estructura de racimos

Contenido de nutrientes en racimos de híbridos OxG



Extracción de nutrientes por tonelada de RFF

Extracción de Macronutrientes kg/t RFF

Material	N	P	K	Ca	Mg	Cl	S
Coari x La Mé	3,11	0,42	3,70	0,55	0,59	0,91	0,67
<i>E. guineensis</i> *	4,74	0,79	6,35	2,3	1,31		



Palma híbrido OxG

Al cosechar racimos de híbridos OxG, se extraen menos nutrientes en comparación a palmas *E. guineensis*:

Nitrógeno: 30%

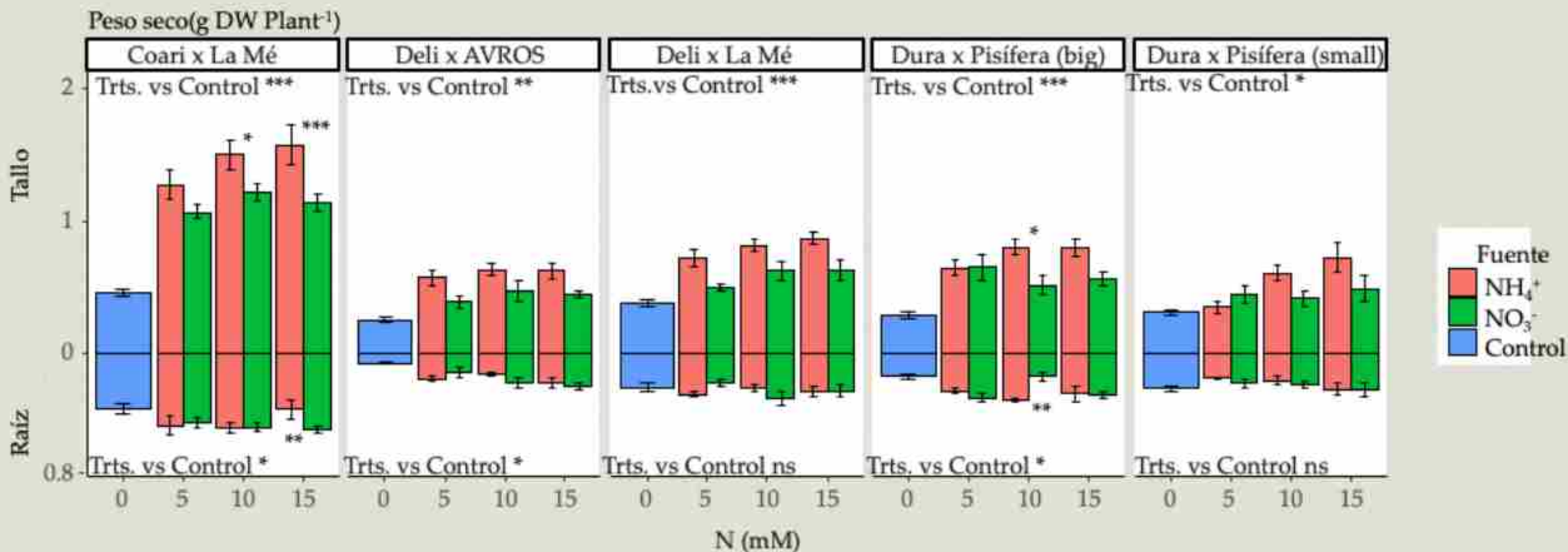
Fósforo: 50%

Potasio: 40%

Calcio: 70%

Magnesio: 50%

Acumulación de biomasa en palma de aceite en respuesta a diferentes fuentes y dosis de nitrógeno



The background of the slide features a top-down view of several plant spikes against a dark background. The spikes are covered with small, oval-shaped fruits. Some fruits are green, while others are a vibrant orange-red, indicating different stages of ripeness or different varieties of the same plant.

7

Fenología y punto
óptimo de cosecha
de los híbridos
interespecíficos
OxG

ESCALA BBCH

MADURACIÓN Y DESARROLLO DE RACIMOS EN HÍBRIDO INTERESPECÍFICO OXG.

La escala fenológica BBCH permite determinar el momento adecuado para la cosecha de racimos a través de la descripción de características fenológicas, organolépticas y de calidad de aceite.



Sistema de codificación uniforme e identificación fenológica de estadios de crecimiento.

Se usa un código decimal que se divide en estadios de crecimiento principales y secundarios de las plantas, describiendo el proceso de desarrollo de los mismos

709	800	803	805	806	807	809

Cerete x Deli



Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite

Editor científico
Hernán Muñoz de la Parra Angulo

Autores
Dajani Carolina Rocío Hernández
Pérez Andrés Humberto Martínez
Larrea María Elena Cárdena
Rodríguez Rita Romero



Determinación del punto óptimo de cosecha

Etapas	Aspecto del fruto	Color externo del fruto (CIE)			Color del mesocarpio	Color del hueso
		Apical	Central	Basal		
709		82-09-37	84-109-33	93-106-29	152-179-121	176-132-95
800		83-87-43	135-137-49	217-191-85	178-178-109	108-78-61
803		162-155-75	238-198-88	255-198-98	204-163-68	84-65-58
804		183-103-48	208-112-58	246-207-112	217-154-54	82-61-49
805		168-66-82	152-85-38	118-106-28	208-131-25	87-58-42
806		189-56-53	301-75-31	223-136-38	211-107-31	56-56-53
809		183-65-29	189-66-18	302-91-24	198-88-32	50-86-38

Palmas con 10 años de siembra en sitio definitivo. Los números debajo de los colores corresponden al código del color según la escala CIE.

Estadio fenológico	PMR (kg)	PMFP (g)	PMFN (g)	AR (%)
709	13,80±2,20	1,90±0,40	5,50±1,20	0,60±0,20
800	14,80±2,90	2,30±0,60	7,30±1,40	2,40±1,60
803	14,50±2,60	2,20±0,50	7,60±1,60	7,60±2,60
804	14,50±3,70	2,50±0,70	8,10±2,10	13,10±2,80
805	14,30±2,20	2,30±0,70	7,80±1,50	18,00±2,20
806	16,50±3,70	2,20±0,60	8,70±1,40	21,30±3,60
807	18,30±2,00	2,40±0,50	10,30±1,80	21,60±3,10
809	17,00±3,80	2,40±0,80	10,80±1,90	21,10±3,30

Las palmas estudiadas tenían diez años de siembra en sitio definitivo.

PMR: peso promedio de racimo; PMFP: peso promedio de frutos partenocárpico; PMFN: peso promedio de frutos normales.

† Los valores corresponden al promedio ± D. E.

Tomado de Rincón *et al.*, 2013.

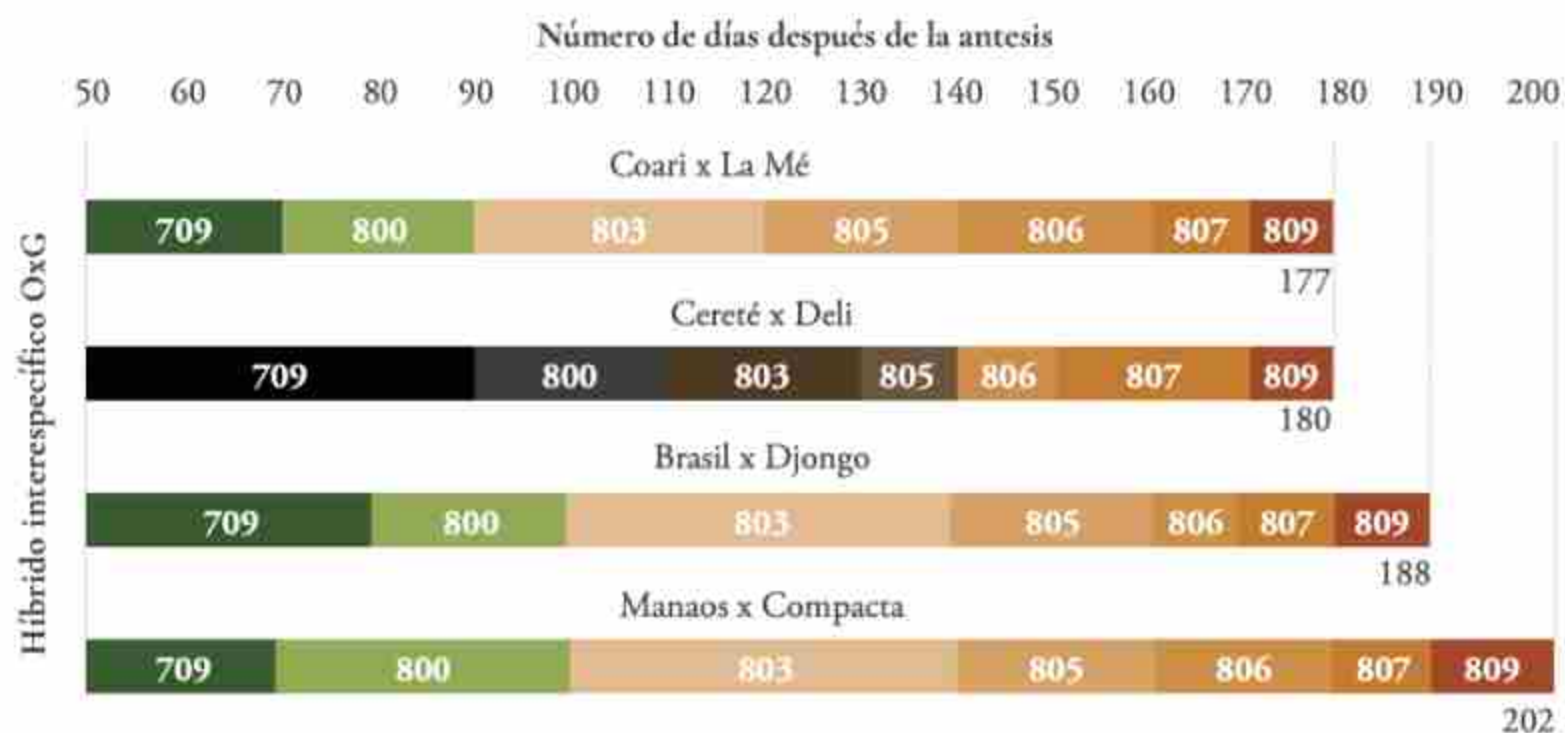


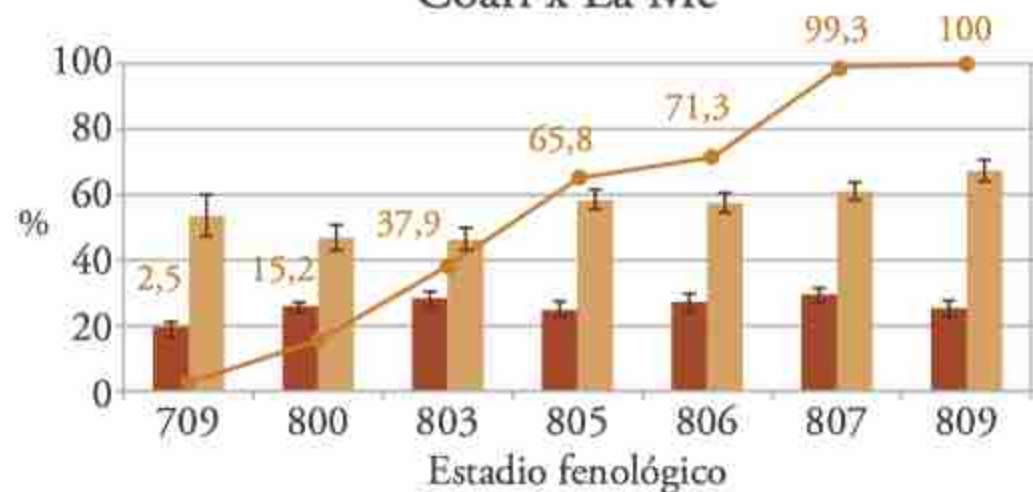
Figura 11.4. Maduración de racimos de cuatro cultivares del híbrido interespecífico OxG según el estadio fenológico y los días transcurridos después de la polinización.

La maduración de los racimos es diferente entre los diferentes híbridos OxG, por esta razón es importante usar el Punto Óptimo de Cosecha (POC) en vez de los días a cosecha.

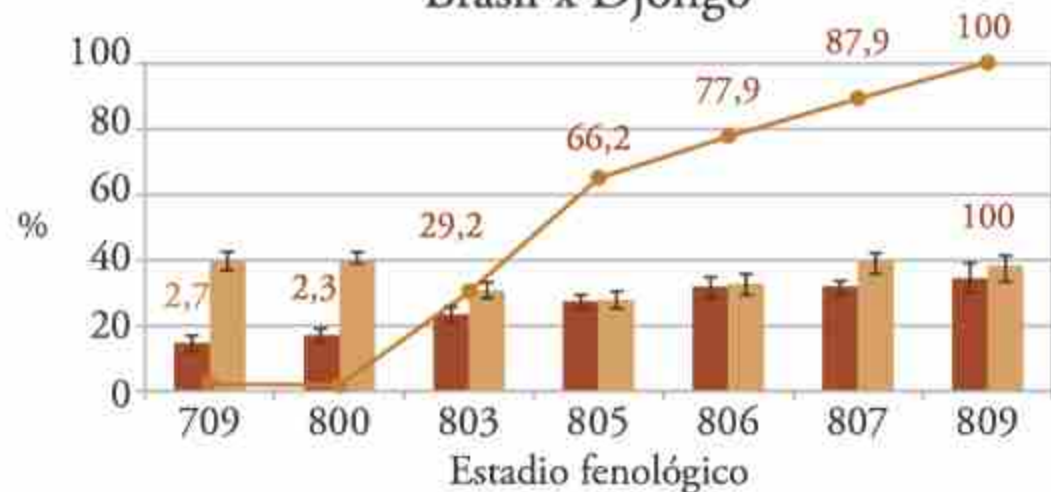
Romero et al., 2023.

Punto óptimo de cosecha en híbridos interespecíficos O_xG

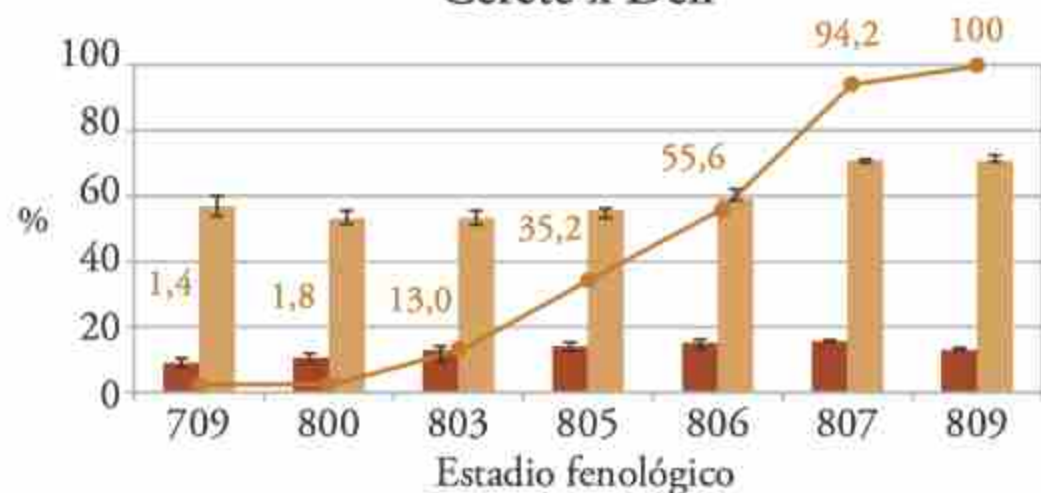
Coari x La Mé



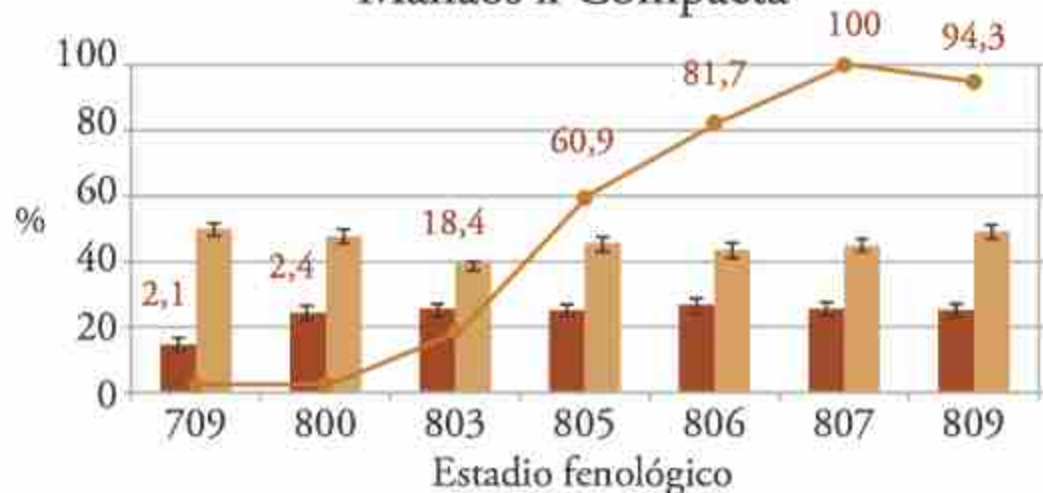
Brasil x Djongo



Cereté x Deli



Manaos x Compacta



■ Porcentaje de frutos normales

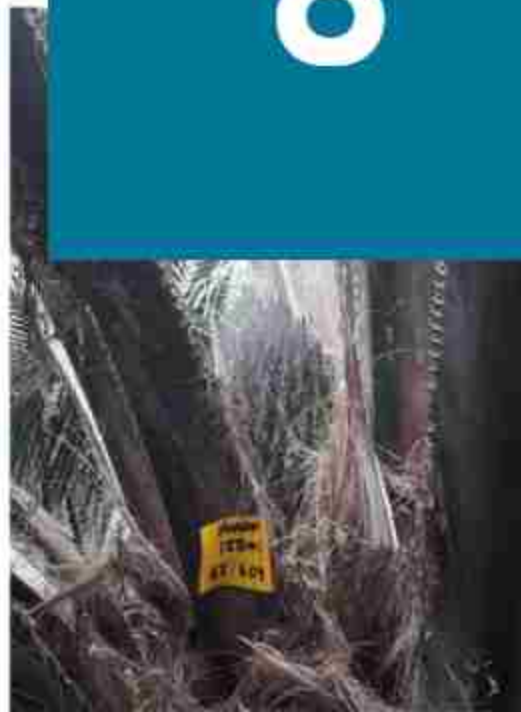
■ Porcentaje de frutos partenocárpicos

● Potencial de aceite a racimo

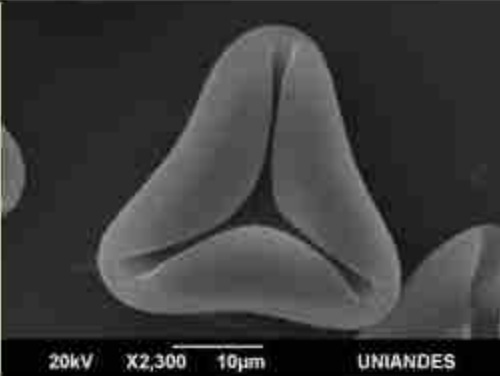
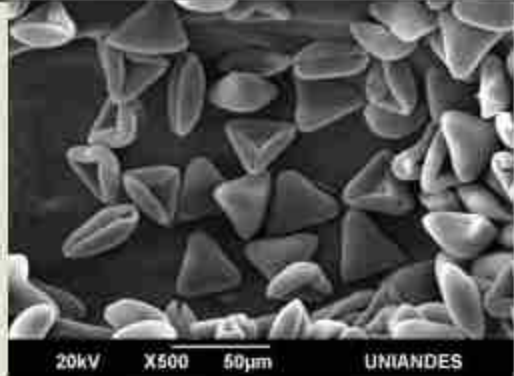
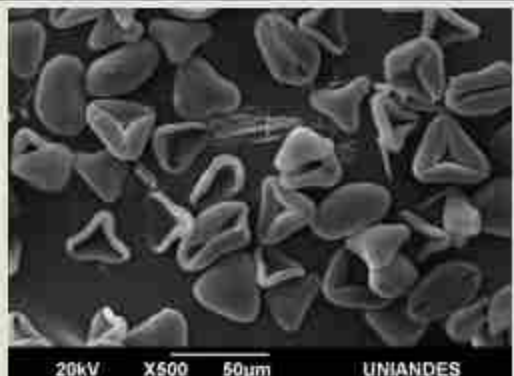


8

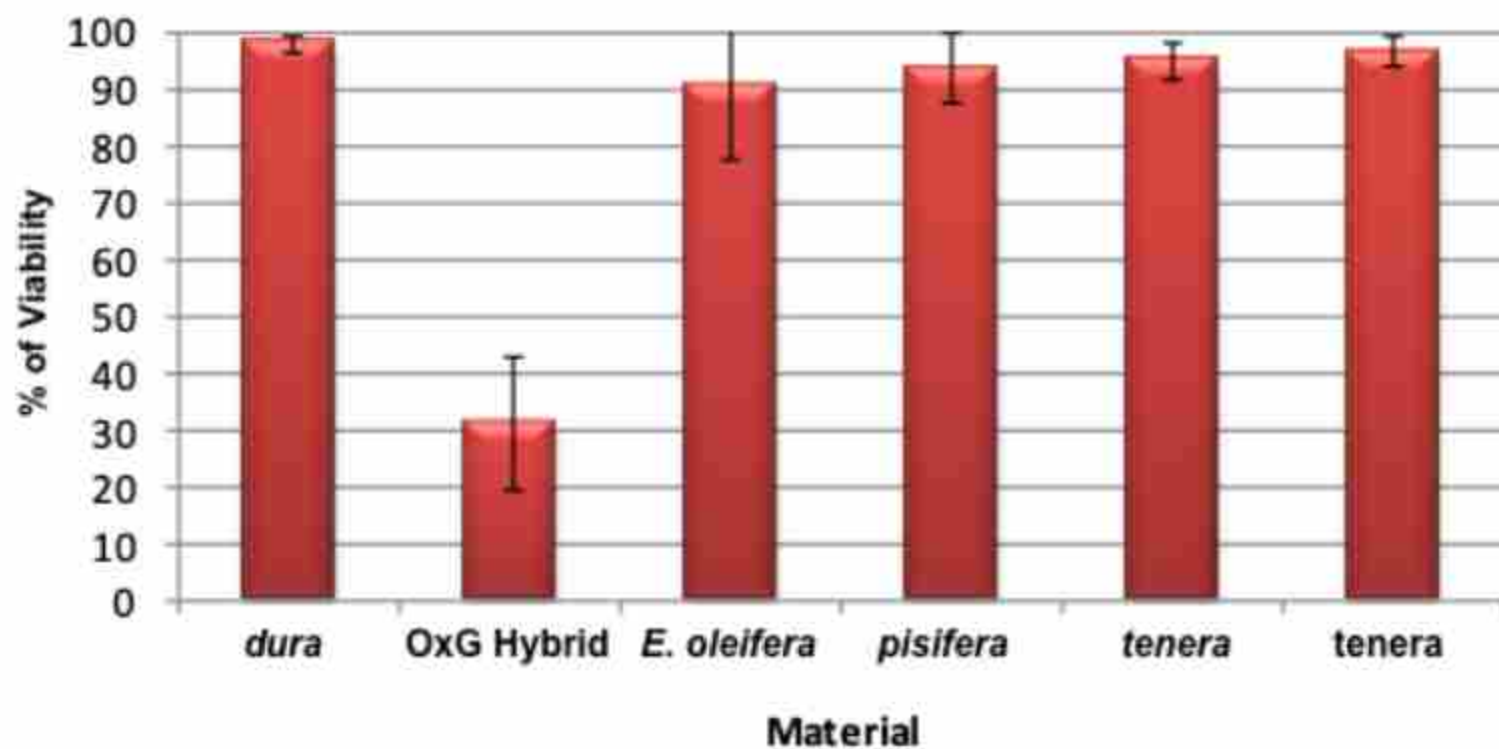
Polinización de los híbridos interespecíficos OxG y su impacto en la productividad



Morfología del polen de palma de aceite

<i>Elaeis guineensis</i> Jacq. <i>tenera</i> Forma: Triangular redondeada Tamaño: Medio ($37,4 \pm 0,2 \mu\text{m}$) Apertura: Tricotomosulcada Ornamentación: Rugular perforada	 20kV X2,300 10μm UNIANDES	 20kV X500 50μm UNIANDES
<i>Elaeis oleífera</i> Cortes Forma: Elipsoide Tamaño: Medio ($41,7 \pm 0,3 \mu\text{m}$) Apertura: Monosulcada Ornamentación: Rugular perforada	 20kV X2,200 10μm UNIANDES	 20kV X500 50μm UNIANDES
Híbridos interespecíficos OxG Forma: Indefinida. ΔO, ΔxO. Tamaño: Medium ($36.3 \pm 0.3 \mu\text{m}$) Apertura: Indefinida Ornamentación: Perforada	 20kV X1,000 10μm UNIANDES	 20kV X500 50μm UNIANDES

Viabilidad del polen



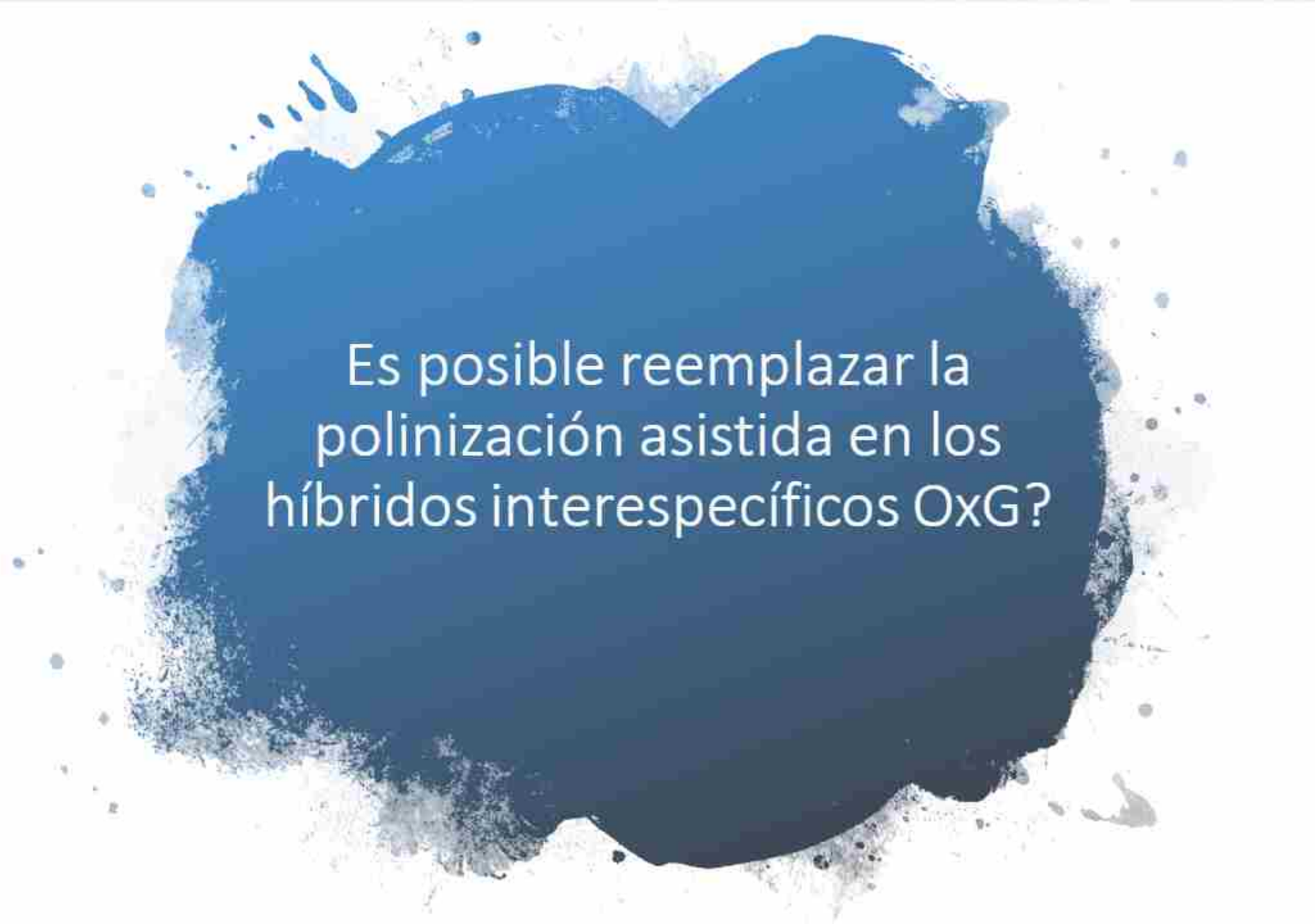
La polinización asistida es obligatoria

OxG (Coari x La Mé) sin polinización asistida





Una solución con algunos inconvenientes...



Es posible reemplazar la
polinización asistida en los
híbridos interespecíficos OxG?

Partenocarpia en los híbridos interespecíficos OxG

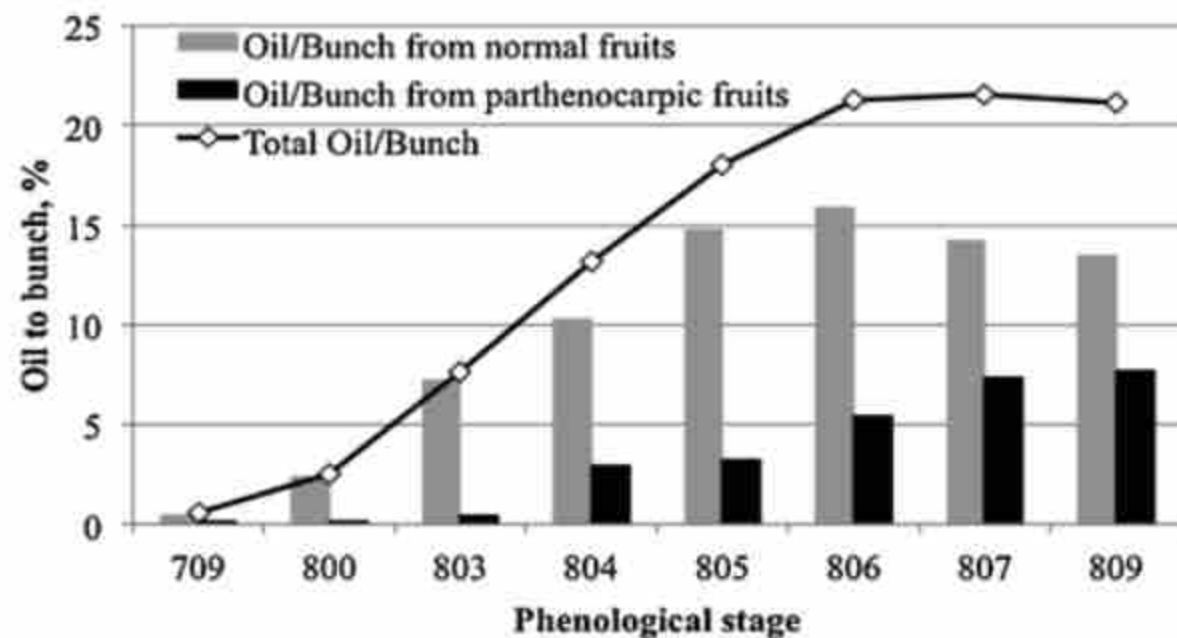


Fig. 4. Changes in oil to bunch concentration from normal and parthenocarpic fruits according to the phenological stage.

O/B Total = 21%

O/Bnf = 13.5%

O/Bpf = 7.5%



Los frutos partenocárpicos producen el 35% del aceite en los racimos de híbridos interespecíficos OxG

Rincón *et al.*, 2013. Use of phenological stages of the fruits and physicochemical characteristics of the oil to determine the optimal harvest time of oil palm interspecific OxG hybrid fruits. *Industrial Crops and Products* 49, 204–210

Es posible inducir la formación
de frutos en los híbridos
interespecíficos OxG sin aplicar
polen?

Utilización de reguladores de crecimiento



IAA



2,4-D



ETHEPHON



NAA



POLLEN



WATER

Ácido naftalenacético
ANA



RFF

PMR x NR



x



Peso medio del racimo-
(PMR)

Número de Racimos (NR)

El ANA permite la recuperación
de racimos **NO** polinizados o
mal polinizados



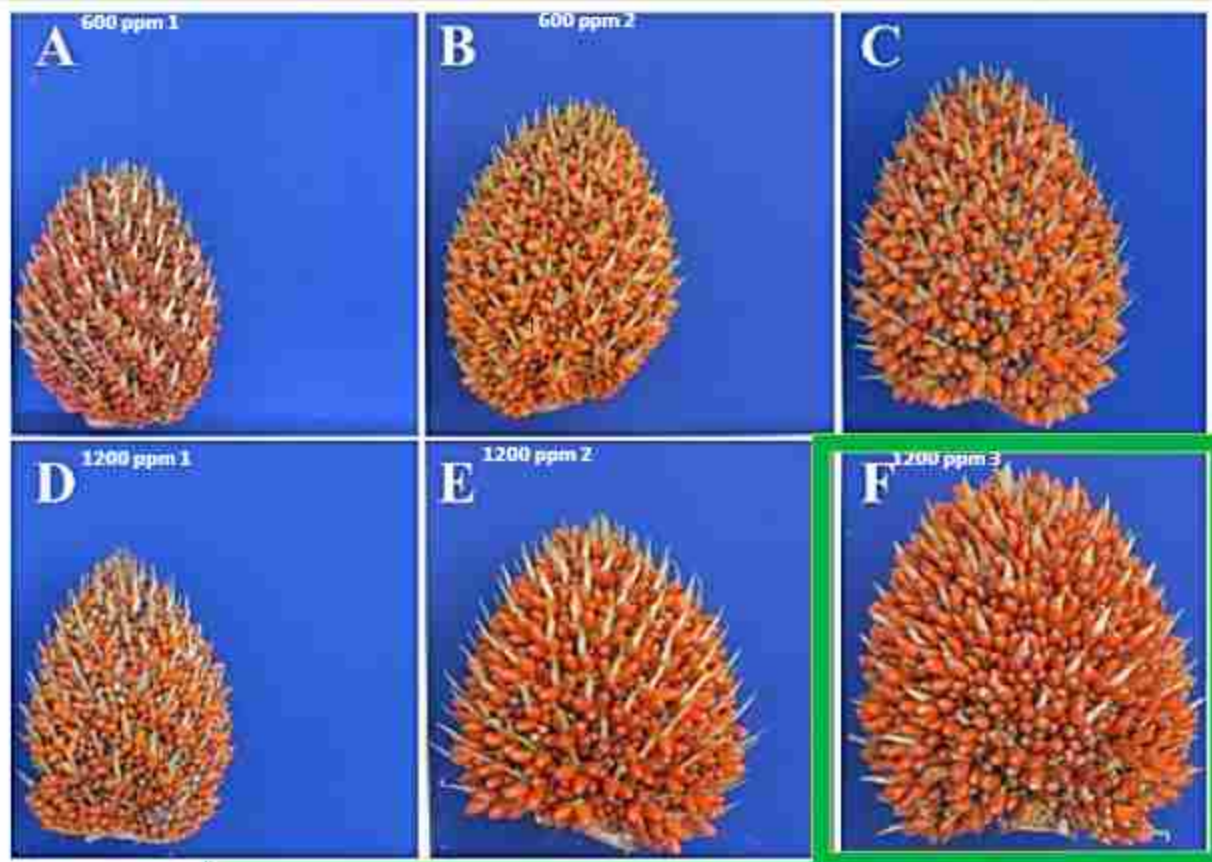
agronomy



Article

High-Oleic Palm Oil (HOPO) Production from Parthenocarpic Fruits in Oil Palm Interspecific Hybrids Using Naphthalene Acetic Acid

Hernán Mauricio Romero ^{1,2,*}, Edison Daza ¹, Iván Ayala-Díaz ¹ and Rodrigo Ruiz-Romero ¹



2013-2020



agronomy



Article

High-Oleic Palm Oil (HOPO) Production from Parthenocarpic Fruits in Oil Palm Interspecific Hybrids Using Naphthalene Acetic Acid

Hernán Mauricio Romero ^{1,2,*}, Edison Daza ¹, Iván Ayala-Díaz ¹ and Rodrigo Ruiz-Romero ¹

Tabla 10.3. Efecto en el peso del racimo de la aplicación de 1.200 ppm de ANA en cultivares Colón y La Mé, al variar el número de aplicaciones y los estados fenológicos.

Tratamiento	Concentración ppm (mg L ⁻¹)	Momento de aplicación				Peso de racimo (kg)		Variación ANA vs. polen (%)
		Preanthesis 3 (EF 603)	Anthesis (EF 607)	Postanthesis 7 días (EF 609)	Postanthesis 14 días (EF 703)	Número de aplicaciones	$\bar{x}$	EE
1	ANA 1.200	x				1	13,10 ± 0,70	-30,80
2	ANA 1.200		x			1	15,00 ± 0,80	-20,40
3	ANA 1.200			x		1	13,30 ± 1,10	-29,70
4	ANA 1.200				x	1	13,90 ± 0,90	-26,70
5	ANA 1.200	x	x			2	16,80 ± 1,00	-11,10
6	ANA 1.200	x			x	2	17,20 ± 0,90	-8,70
7	ANA 1.200	x			x	2	14,90 ± 0,70	-21,10
8	ANA 1.200		x	x		2	15,10 ± 0,80	-20,00
9	ANA 1.200		x		x	2	15,70 ± 0,90	-16,90
10	ANA 1.200			x	x	2	16,30 ± 0,90	-13,60
11	ANA 1.200	x	x	x		3	17,40 ± 0,80	-7,80
12	ANA 1.200	x	x		x	3	17,90 ± 1,00	-5,10
13	ANA 1.200	x		x	x	3	18,60 ± 0,80	-1,50
14	ANA 1.200		x	x	x	3	18,50 ± 1,10	-1,80
15	ANA 1.200	x	x	x	x	4	17,80 ± 0,80	-5,60
16	Polen		x			1	18,90 ± 1,00	Na
Media							16,30 ± 0,90	
L.S.D. (0,05)							2,40	

LSD: P<0.05 diferencia mínima significativa. EE: error estándar. Na: no aplica.

Punto de partida para
las aplicaciones de ANA
en polvo

High-Oleic Palm Oil (HOPO) Production from Parthenocarpic Fruits in Oil Palm Interspecific Hybrids Using Naphthalene Acetic Acid



Trat	EF	N	Fruit set (%)	WRac (kg)	Ac/Ms (%)	Ac/Rac (%)	C.A (kg)	Wfrut Part (g)
1	2	19	95,8 ±2,5	15,0 ±0,8	68,0 ±1,5	28,8 ±1,1	4,3 ±0,3	3,1 ±0,2
2	3	17	95,6 ±1,5	13,3 ±1,1	72,4 ±1,2	31,2 ±1,3	4,1 ±0,4	2,4 ±0,2
3	4	17	93,6 ±2,3	13,9 ±0,9	68,9 ±1,8	28,2 ±1,5	4,0 ±0,4	3,0 ±0,2
4	2, 3	20	96,9 ±1,8	15,1 ±0,8	72,6 ±1,3	31,0 ±1,3	4,8 ±0,4	3,1 ±0,2
5	2, 4	17	96,3 ±2,2	15,7 ±0,9	67,3 ±1,7	28,3 ±1,1	4,5 ±0,4	3,6 ±0,2
6	3, 4	19	97,4 ±1,3	16,3 ±0,9	71,2 ±1,4	31,8 ±1,2	5,3 ±0,4	3,4 ±0,2
7	2, 3, 4	19	96,3 ±1,7	18,5 ±1,1	70,5 ±1,2	30,7 ±1,2	6,1 ±0,4	3,6 ±0,1
8	PA	19	91,5 ±2,2	18,9 ±1,0	71,4 ±1,3	25,2 ±1,1	5,2 ±0,4	2,5 ±0,2

Fuente: Romero et al., 2021

Estado fenológico (EF): 2 (607, antesis); 3 (609); 4 (703); PA: Polinización Asistida con polen



**Polinización – Producción
de semillas**



Polinización Industrial



ANA



Ninguna aplicación



Agua



Aplicación inadecuada de ANA

2. Equipos de aplicación



Bomba manual

(Boquilla de cono lleno + Válvula reguladora a 29 psi)



Bomba motorizada



Bomba con tecnología 'ULV' Ultra Bajo Volumen



Nebulizador electrostático 'Martignani'

- ✓ Fácil consecución
- ✓ Menor costo

- ✓ Uniformidad del tamaño de la gota > Cubrimiento superficial
- ✓ Facilidad de aplicar volúmenes bajos

Equipos de aplicación para polinización artificial líquida



Bomba manual

(Boquilla de cono lleno + Válvula reguladora a 29 psi)



Bomba motorizada



Bomba con tecnología 'ULV' Ultra Bajo Volumen



Nebulizador electrostático 'Martignani'

- ✓ Fácil consecución
- ✓ Menor costo

- ✓ Uniformidad del tamaño de la gota > Cubrimiento superficial
- ✓ Facilidad de aplicar volúmenes bajos

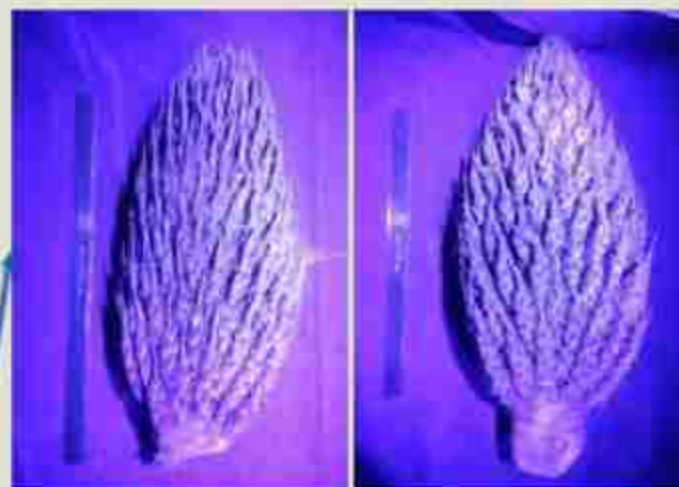
Cobertura de la aplicación según bomba y volumen



Plantación Villa Claudia (Yarima – San Vicente de Chucurí, Santander),
Mayo 2018

Cobertura de la aplicación según bomba y volumen

4. Corte de la inflorescencia



Sin aplicación: No autofloresce



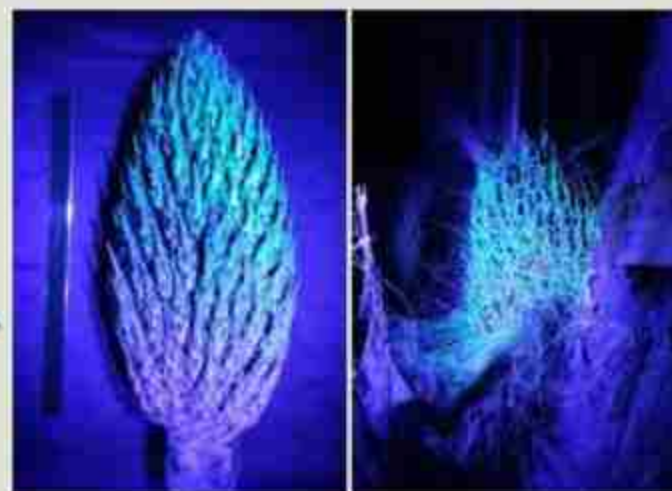
5. Determinación de la cobertura



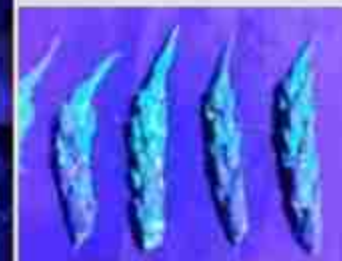
Luz blanca



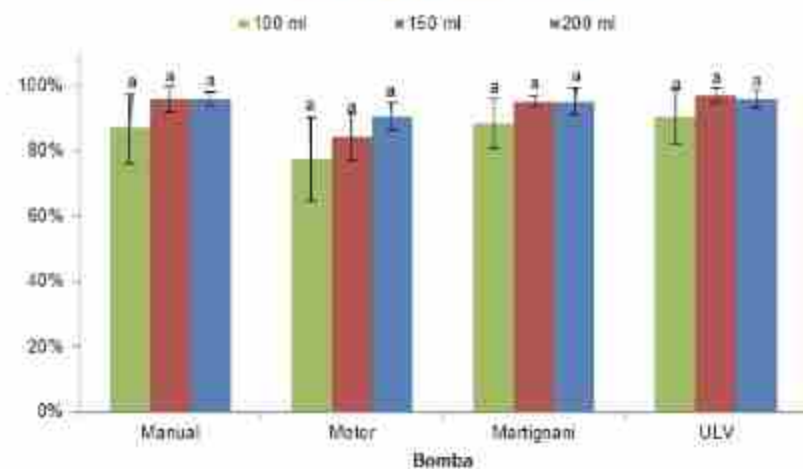
Luz negra o UV



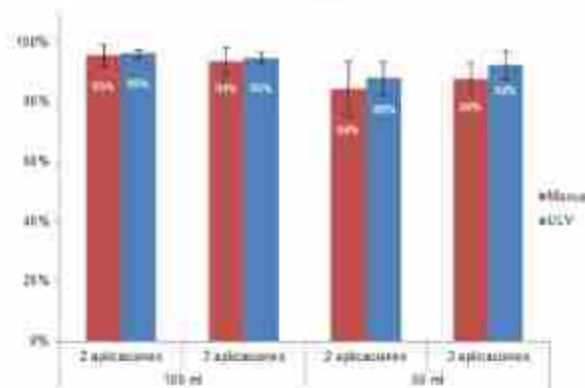
Aplicación de solución fluorescente



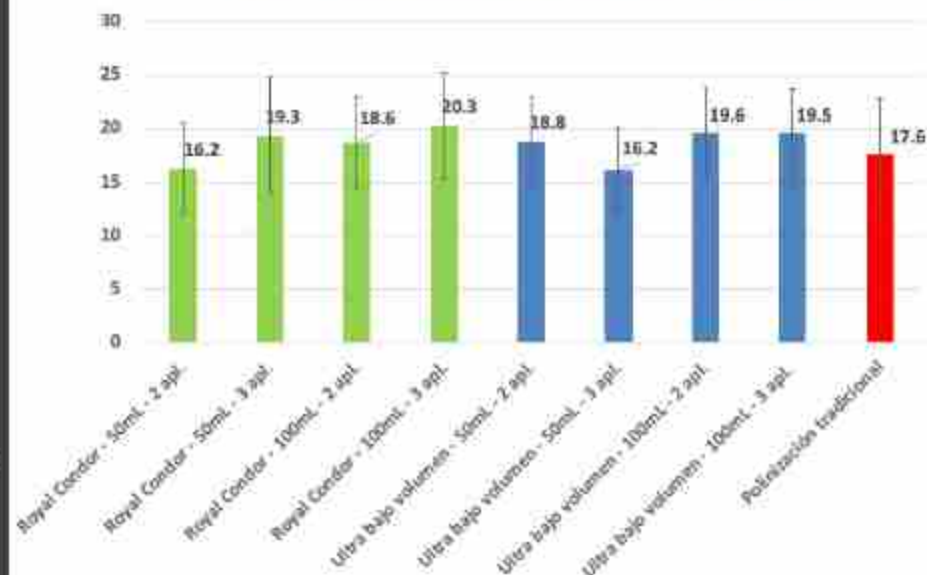
Una aplicación



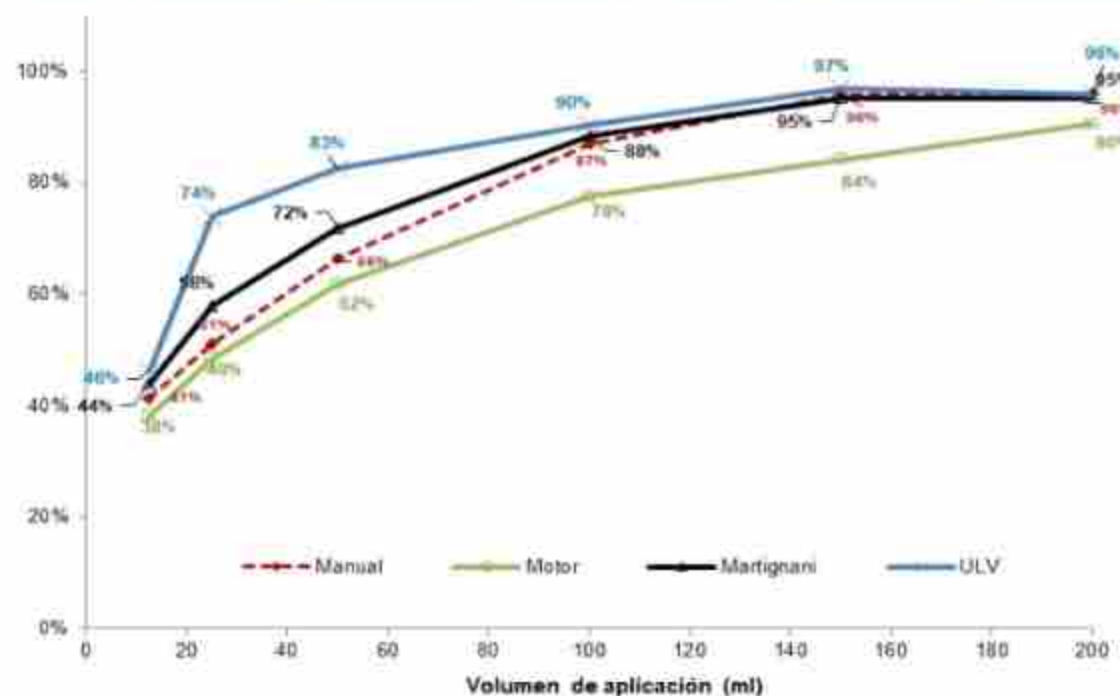
Múltiples aplicaciones



Peso Medio de Racimo (kg)



Comparación entre bombas y volúmenes de aplicación



Aceite a Racimo (%)



Aplicación Comercial (Ecuador)

Balance de pérdidas en planta

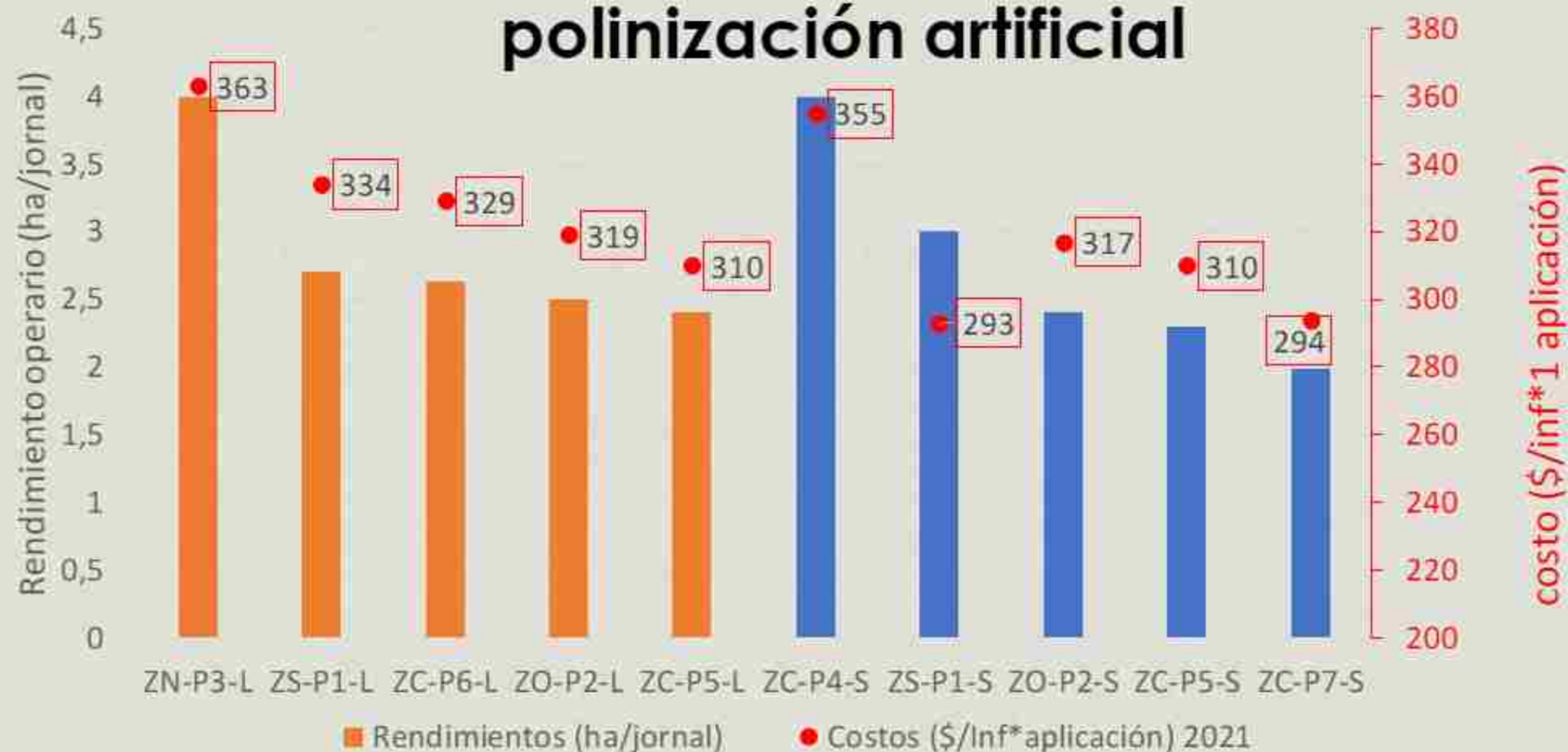
PARÁMETROS EVALUADOS	ANA LÍQUIDA		ANA SOLIDA		PROMEDIO
	H2-26 (Sin destape)	H1-26 (Con destape)	F6-46 (Sin destape)	G3-45 (Con destape)	
PERDIDA TOTAL (%)	2,1	1,6	1,8	1,6	1,8
EXTRACCIÓN (TEA) (%)	24,1	28,5	25,5	24,2	25,3
POTENCIAL DE ACEITE (%)	26,3	30,1	27,3	25,8	27,1
EFICIENCIA (%)	91,8	94,6	93,3	93,7	93,2
FRUTO PROCESADO (Ton)	49,6	31,7	45,0	45,0	171,3

Fruit set y potencial de aceite

Zona palmera	ZS		ZO		ZC	
Plantación	P1		P2		P5	
Presentación	Líquido	Sólido	Líquido	Sólido	Líquido	Sólido
Fruit set (%)	85	85,9	96,7	92,3	74,4	77,1
Potencial aceite (%)	28,6	28,3	30,4	30,1	38,1	35,7

Mosquera et al., 2023

Rendimiento y costo unitario de la labor de polinización artificial



¿Mezcla ANA + polen?

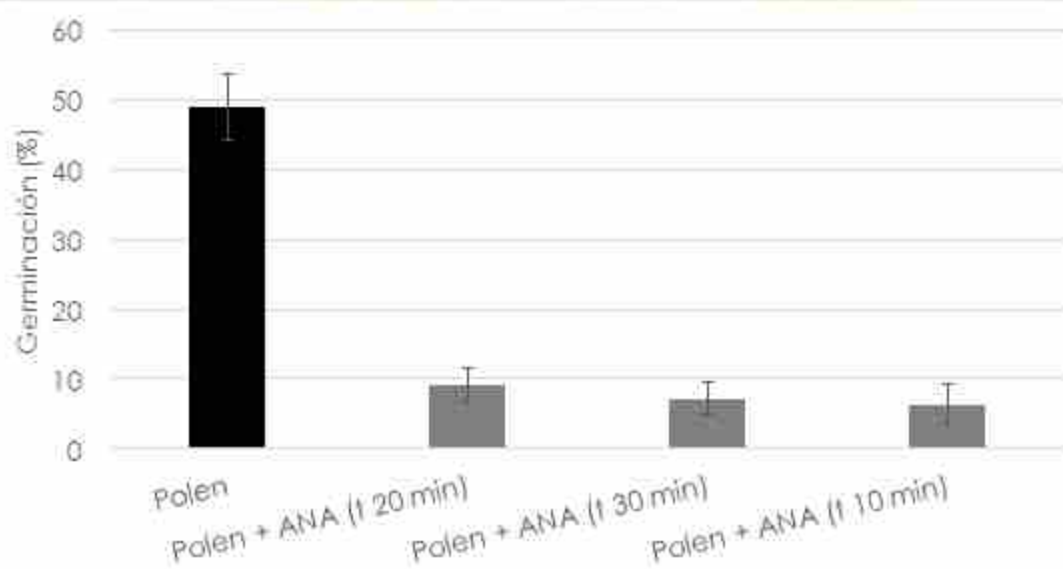
Mezcla Polinizador artificial 98% y Polen



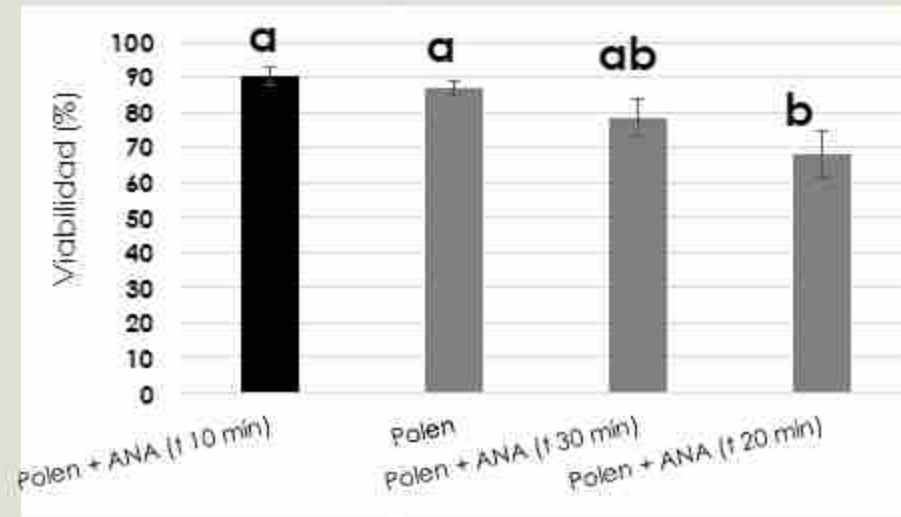
Sin ANA



Con ANA



No debe realizarse. CENIPALMA ha demostrado que no es recomendable hacer esta mezcla, ya que el polen al estar en contacto con ANA genera una disminución en su viabilidad y germinación, lo cual termina afectando negativamente la formación de los frutos normales.



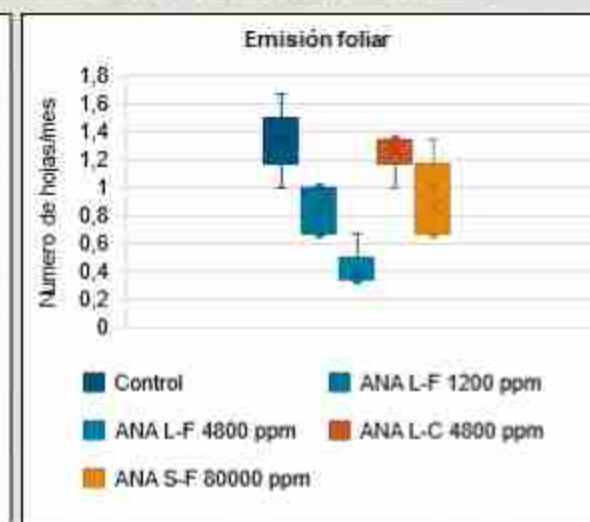
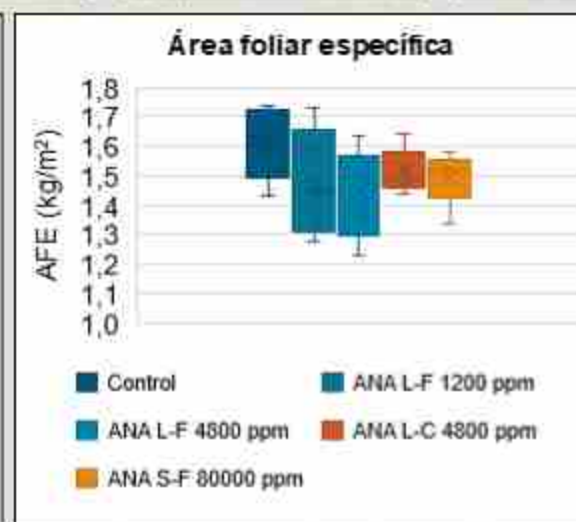
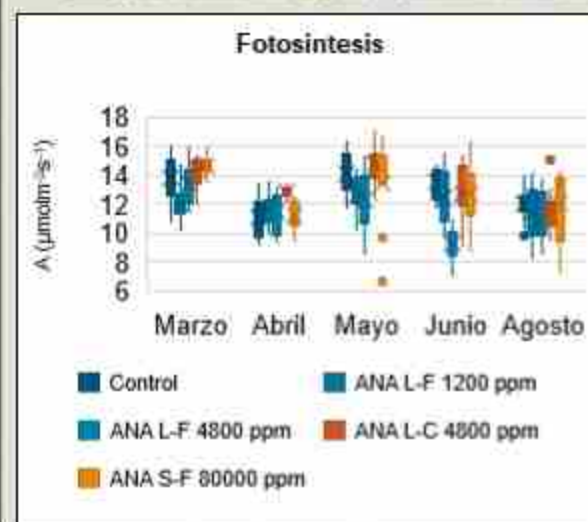
Fuente: Ruiz et al., 2020



Efecto de ANA en altas concentraciones sobre híbrido OxG

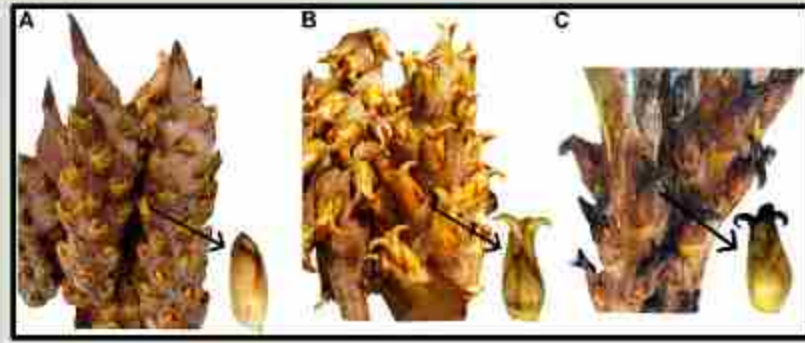
Crihistian Bayona, Arley Caicedo, , Rodrigo Ruiz y Hernán Mauricio Romero

Tratamiento	Descripción	Concentración	Lugar de aplicación	Aplicación
T1	Control	0 ppm	N/A	Sin aplicación
T2	ANA líquido	1200 ppm	área foliar	Dosis de 1000 ml de ANA
T3	ANA líquido	4800 ppm	área foliar	Dosis de 1000 ml de ANA
T4	ANA líquido	4800 ppm	corona	Dosis de 1000 ml de ANA
T5	ANA sólido	80000 ppm	área foliar	Dosis de 50 g de ANA

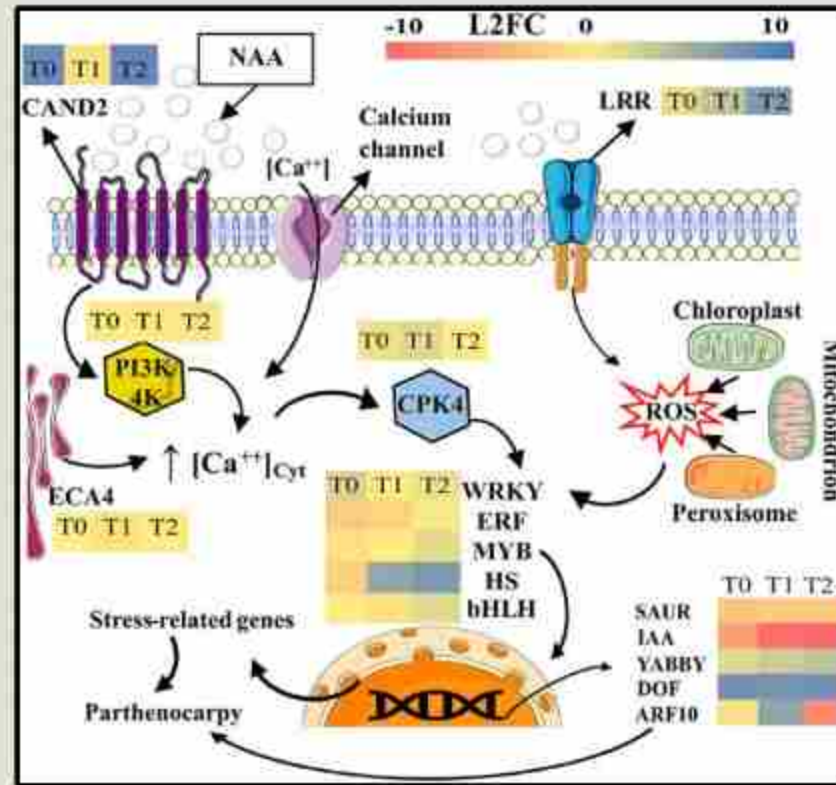


Aplicaciones de ANA foliar genera a mediano plazo disminución de la fotosíntesis, área foliar y emisión foliar

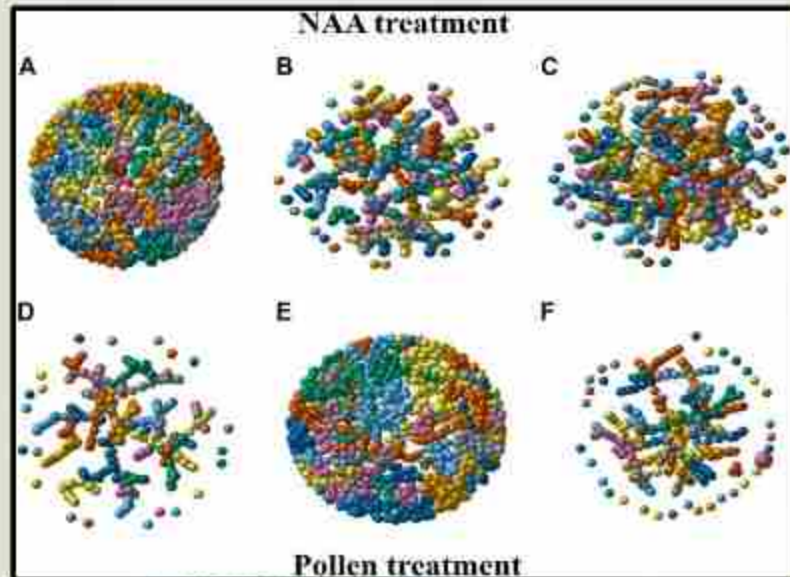
Genes involucrados en la partenocarpia inducida con ANA



Pre-antesis III PS 603 Antesis PS 607 Post-antesis PS 700



- La identificación de genes involucrados en la partenocarpia permitirá mejorar las practicas desarrolladas, y, en un futuro, desarrollar nuevos cultivares mediante MAS o edición genética.



Parthenocarpy-related genes induced by naphthalene acetic acid in oil palm interspecific O x G [*Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.] hybrids

Carmenza Montoya^{1†}, Fernán Santiago Mejía-Alvarado^{1†}, David Botero-Rozo¹, Ivan Mauricio Ayala-Díaz² and Hernán Mauricio Romero^{1,2*}



9

Hacia el procesamiento de los híbridos interespecíficos OxG

Plantas que procesan RFF híbrido en Colombia



NORTE

#

2

t RFF/hora

81



CENTRAL

8

204



ORIENTAL

17

592



SUR
OCCIDENT
AL

5

111

988 t RFF/hora

45%

32 PB

Fuente: IBT Unidad de Validación

Adición de material de apoyo para el PRENSADO de RFF híbrido

PLANTA	TIPO	PUNTO APLICACIÓN	PROPORCION QUE AÑADEN
A	Nueces	Digestores	11,5% con monitoreo a la cantidad añadida
B		Sinfín de fruto	0,20 a 0,5%/RFF de nuez
C			En evaluaciones puntuales tuvieron datos entre 13% y 24% nuez/RFF.
D			Promedio de nuez 8%. Aplicaron tagua de acuerdo a la disponibilidad. No se hace monitoreo y control de la cantidad añadida
E	Mezcla de tagua/nuez		Promedio mes 5%/RFF el registro lo hacen por consumo total/mes de tagua (no reportan dato concreto)
F	Nueces		Retornar toda la nuez producida (no se cuantifica) y estiman que agregan alrededor de un 2% de cuesco
G		Vagonetas de fruto esterilizado	9,23% nuez/ RFF y para el fruto mezclado aproximadamente 3,07% nuez/ RFF.
H		Sinfín de fruto que alimenta Digestores	No cuantifican la cantidad que agregan
I			No permite tener control de la cantidad de nuez que añaden
J		Sinfín de fruto a la salida del desfrutador	10-12 % de nuez
K			15% de nuez

Capacidad de prensado en PB

Caída de capacidad en plantas que solo procesan híbrido
20% - 50%

Caída de capacidad en plantas solo procesan en mezcla (E. g – OxG)
11% - 35%

Datos totales 2020 - 2021

Planta extractora	Capacidad nominal (t RFF/h)	Capacidad real (t RFF/h)	% pérdida de capacidad
A	27	15	44%
B	27	17	37%
C	15	12	20%
D	20	15	25%
E	30	15	50%
F	25	20	20%
G	28	25	11%
H	19	15	21%
I	45	36	20%
J	45	36	20%
K	48	31	35%

Aditivos para el prensado

Utilización de Piedras



Semillas de Tagua



Esferas de madera



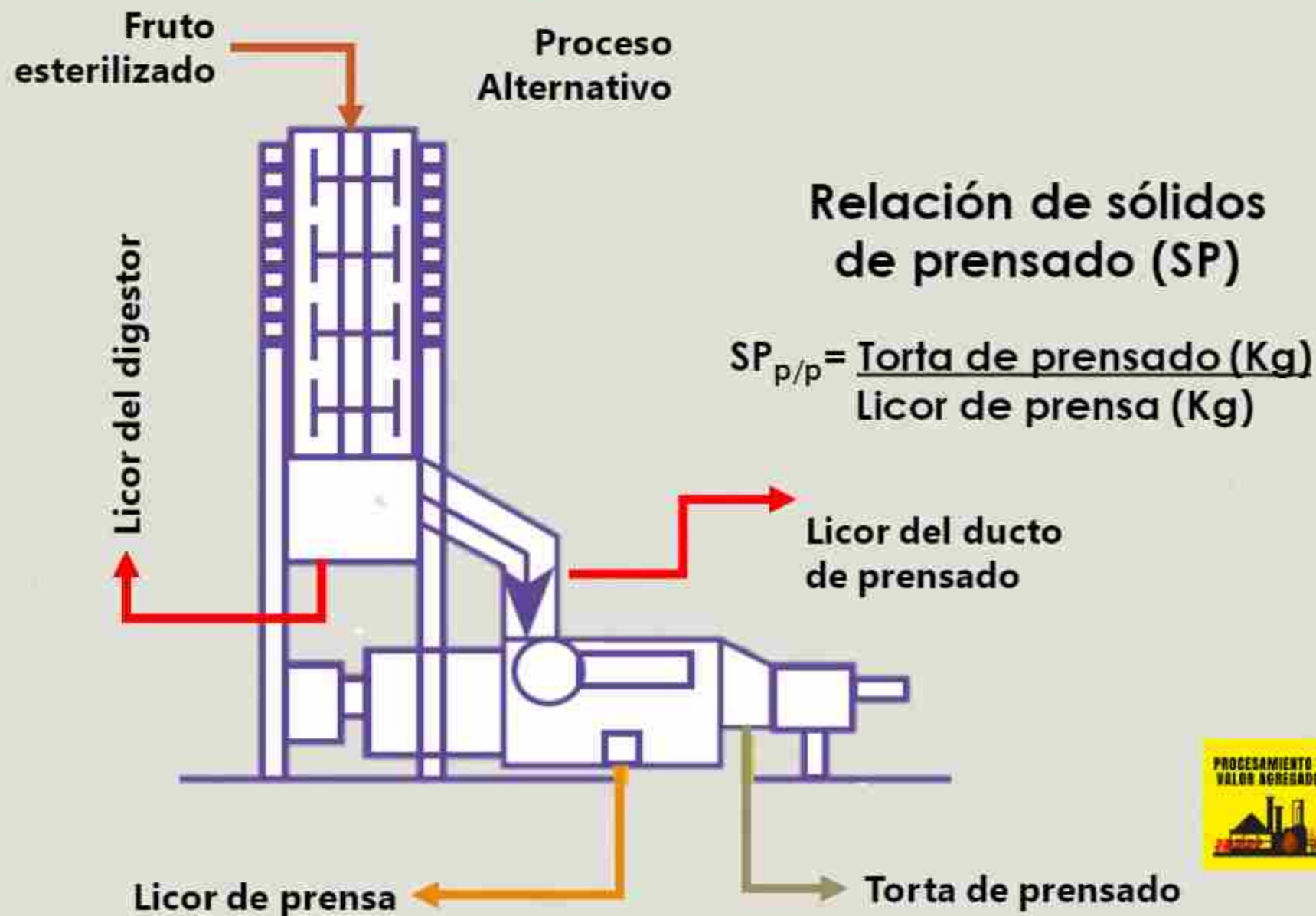
Sistema de drenaje en el prensado de RFF

“El drenaje del digestor reduce las pérdidas de aceite en fibra”

(Kandiah, 2010)

“El aceite que se libera durante la digestión reduce la fricción haciendo ineficiente el proceso, por esto, este aceite es drenado a través de perforaciones en el fondo del digestor”

(Wambeck, 1999)



SP para proceso de prensado E.g y OxG

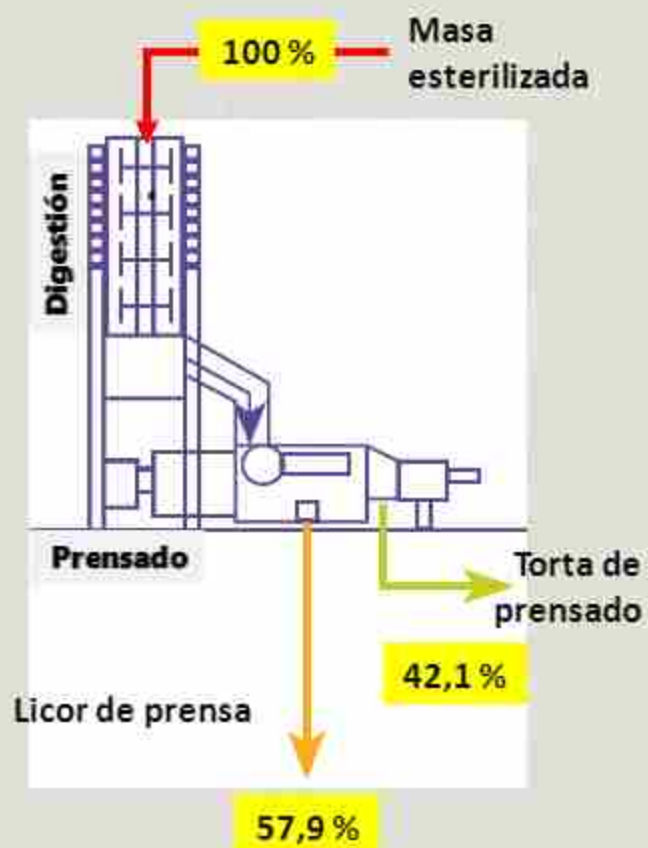


E. guineensis

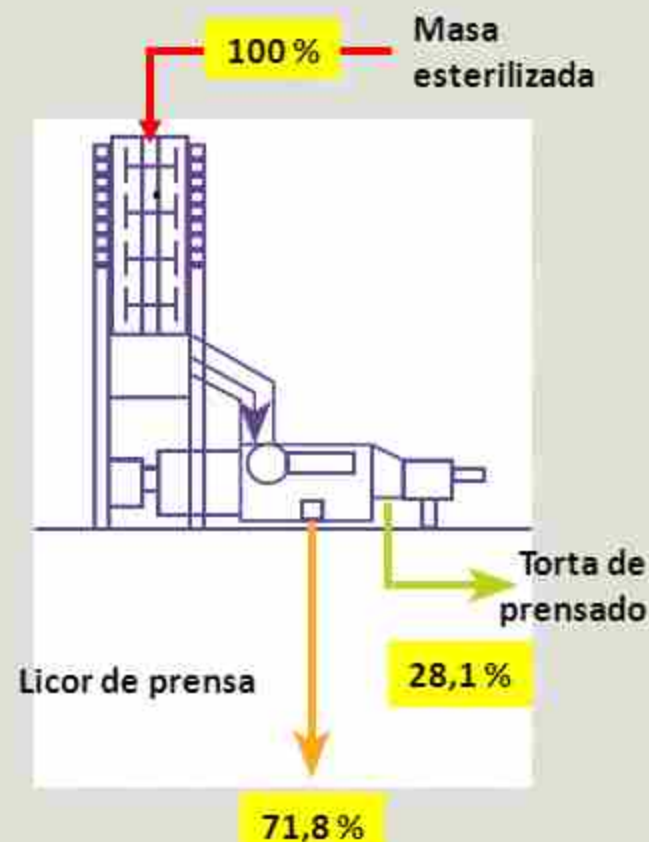


ANA 100%

Balance de masa para RFF *E. guineensis* en (n=120)



Balance de masa para RFF OxG ANA (n=60)



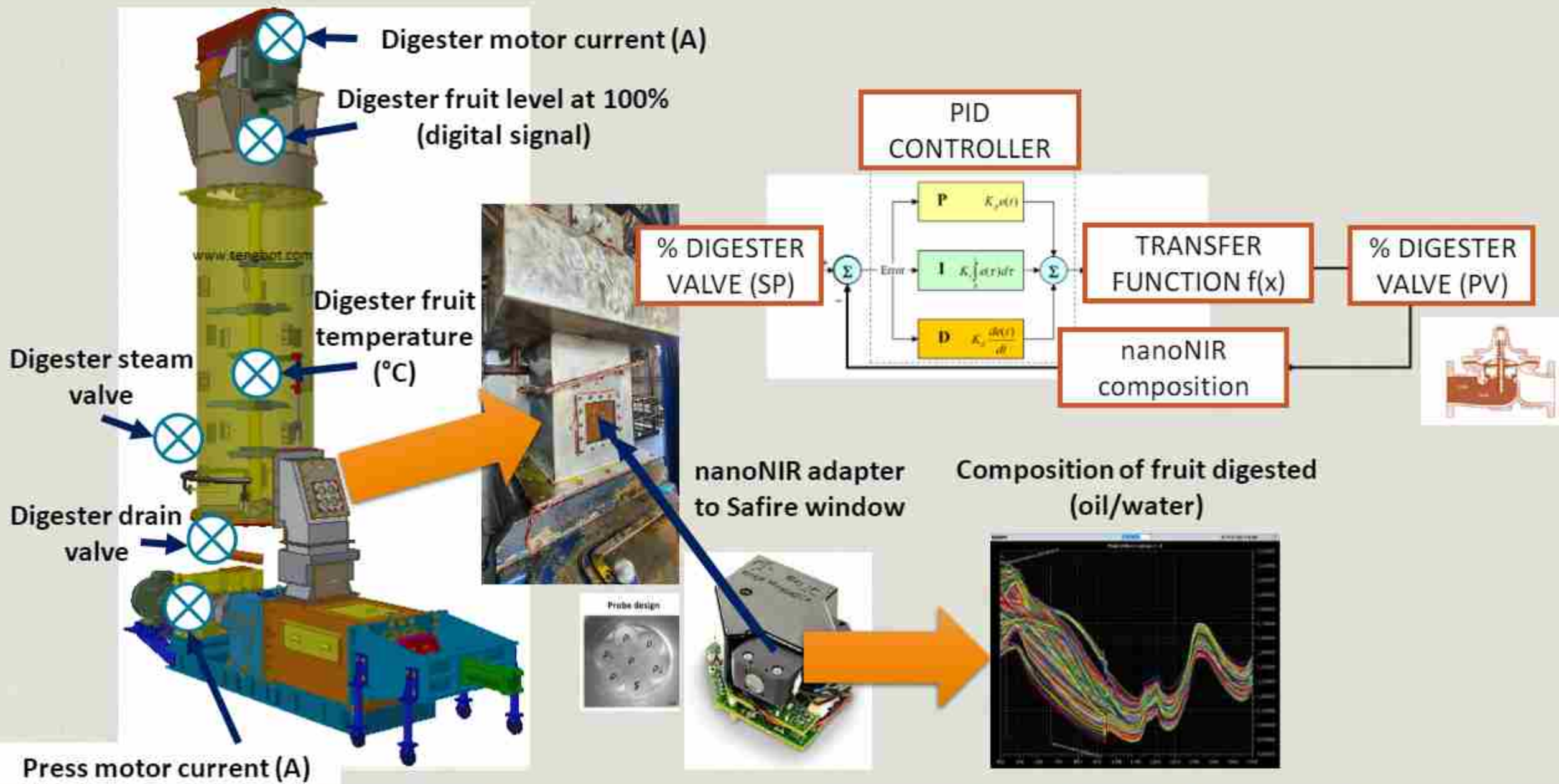
Relación de sólidos de prensa (SP)

$$SP (\%) = \frac{\text{Torta de prensa}}{\text{licor de prensa}} \cdot 100$$

$$SP_{E.g} = 72,9 \% \text{ Torta/licor}$$

$$SP_{ANA} = 39,1\% \text{ Torta/licor}$$

Proposed control system for Hybrid and E. Guineensis FFB processing

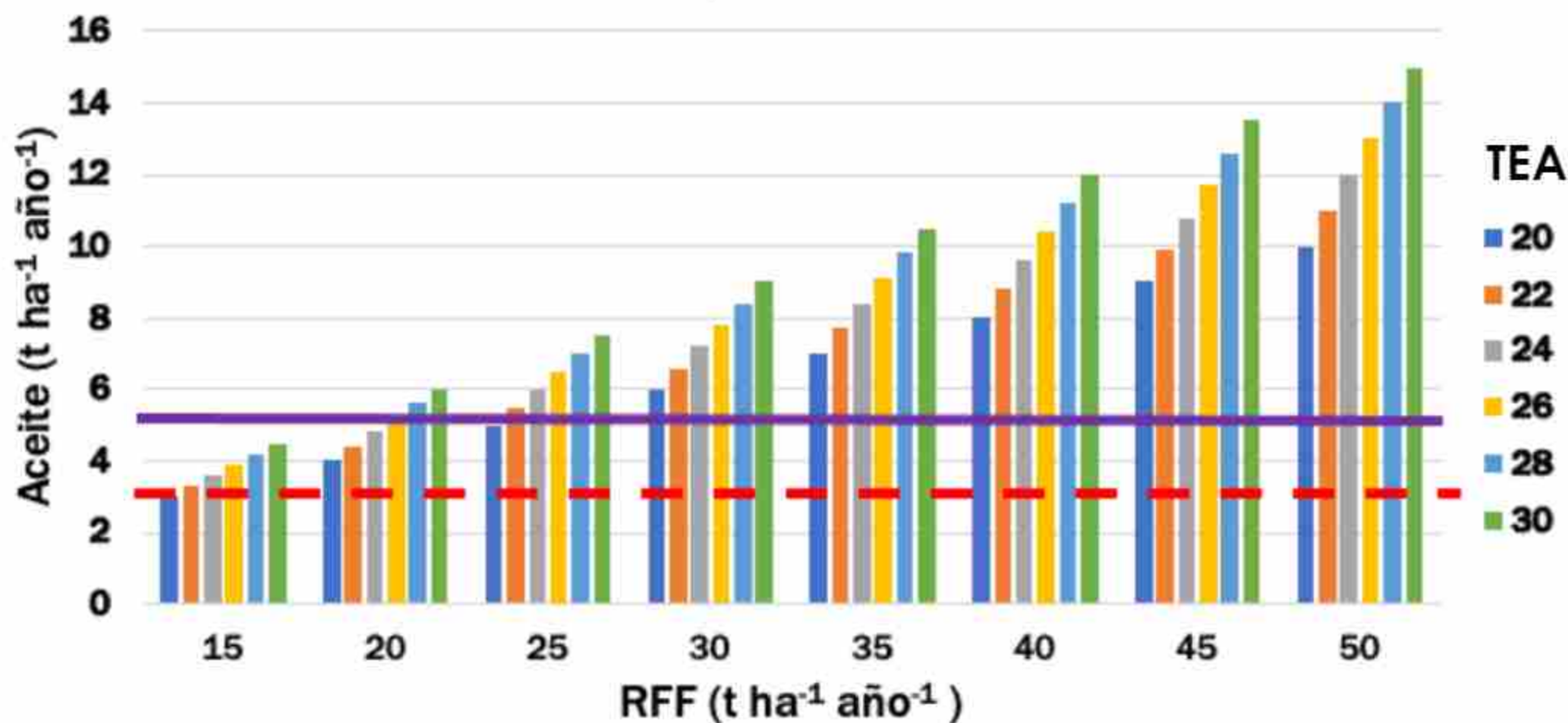


A laboratory setting with various glassware and vegetables. In the foreground, there are several glass bottles and flasks containing liquids of different colors (red, yellow, orange). To the left, there are several sliced vegetables, including what appear to be bell peppers and tomatoes. In the background, there are more glassware and a blurred image of a laboratory bench.

10

Perspectivas y conclusiones

Rendimiento potencial de aceite en híbridos Interespecíficos OxG



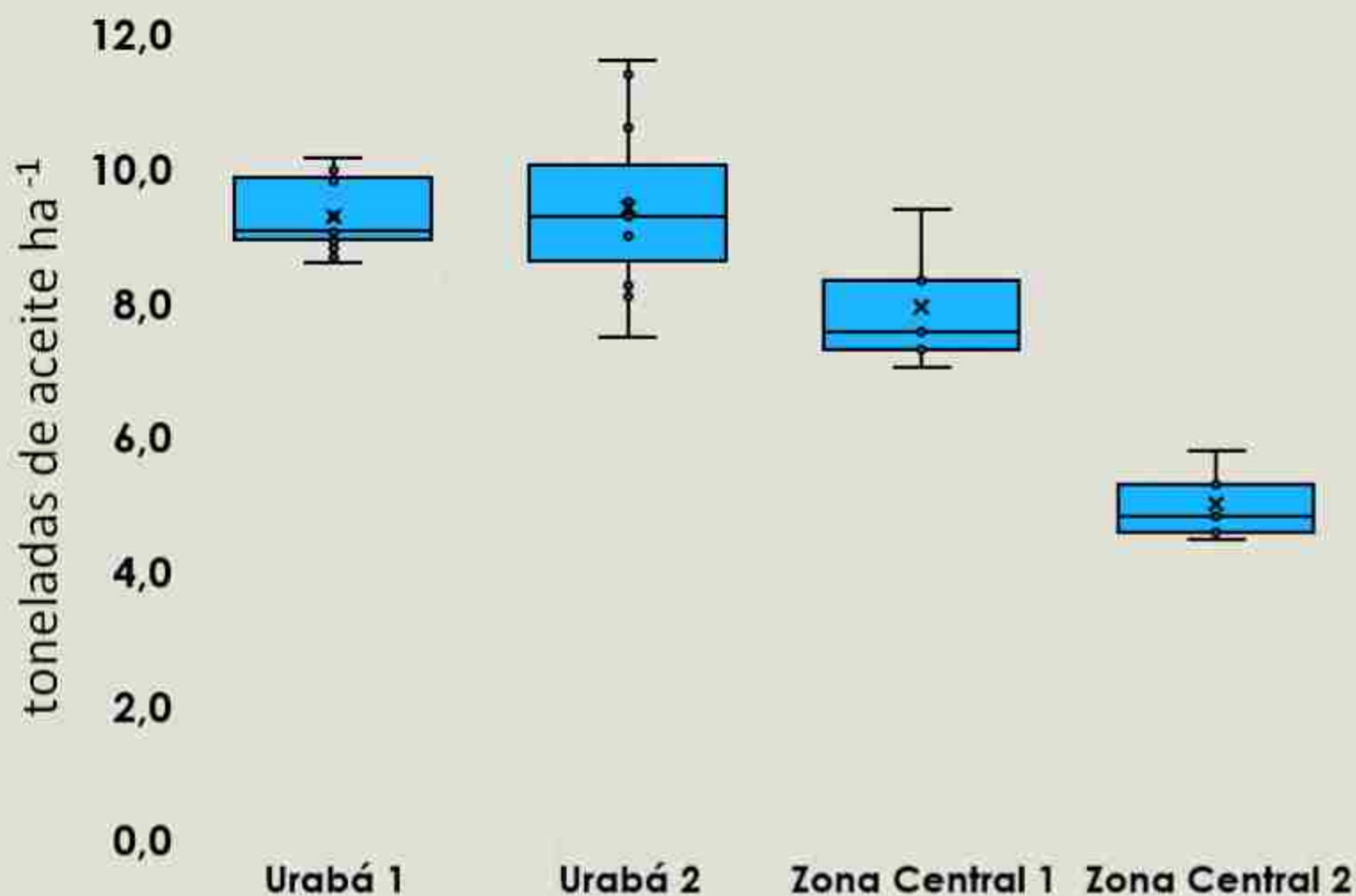


Es posible alcanzar más 12 t de aceite ha⁻¹

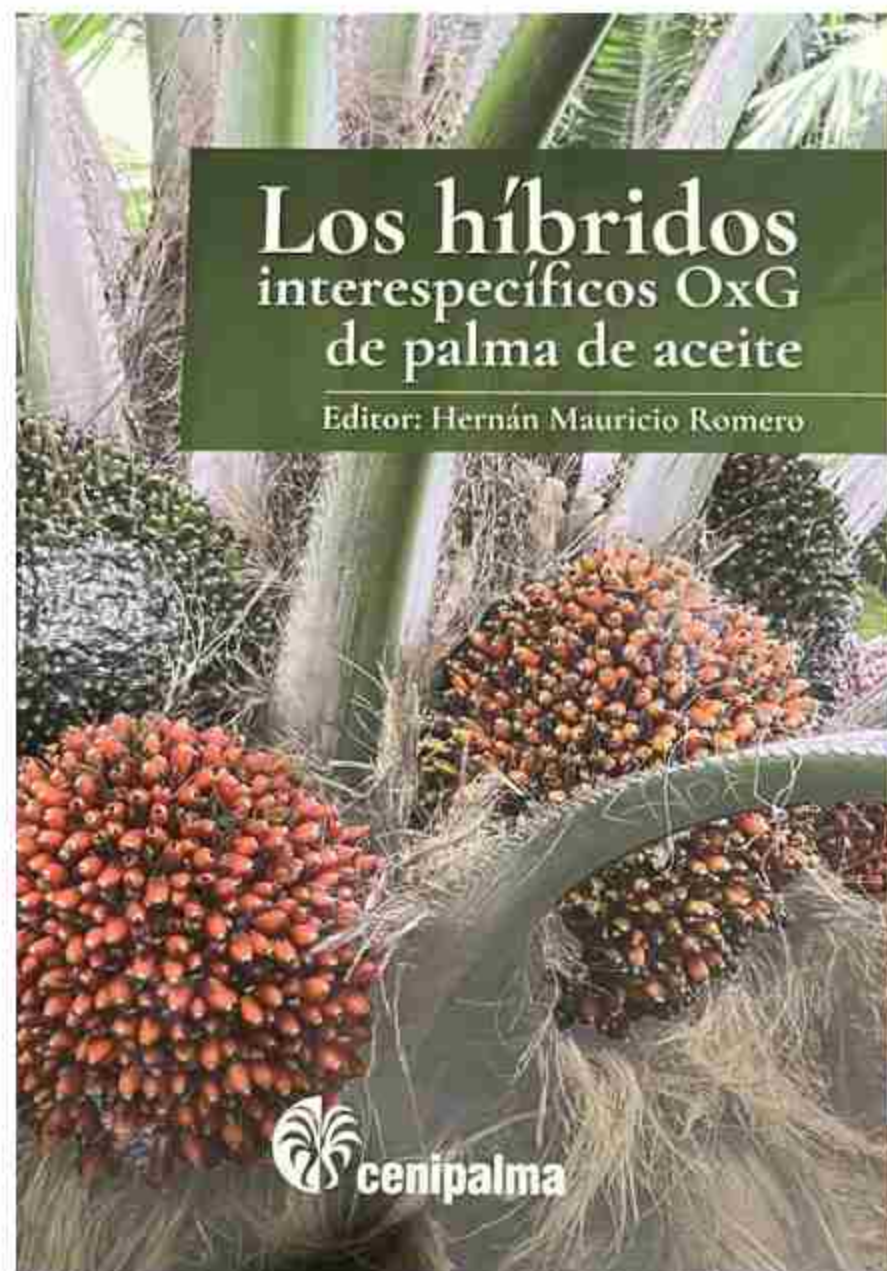


Fuente: Guerrero, A. 2021

**Conociendo
los potenciales
del cultivo y
superando
brechas de
productividad:
En la ruta de la
intensificación**



Sin incrementar el área plantada con palma de aceite, el uso de los híbridos interespecíficos OxG junto con los desarrollos tecnológicos y las mejores prácticas, son suficientes para suplir las demandas mundiales de aceites y grasas





A lush tropical forest scene with dense green foliage, including palm trees and various tropical plants. A semi-transparent white box with a teal left half and a white right half is overlaid in the center.

11

Agradecimientos

Gracias

