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

Hernán Mauricio Romero, *PhD*

Iván Mauricio Ayala Díaz, *PhD*

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

cenipalma

Palma americana

Elaeis oleifera

Palma africana

Elaeis guineensis

Híbrido interespecífico OxG

cenipalma

2 Historia de los híbridos OxG

Elaeis oleifera (Kunth) Cortés

E. oleifera- Palma Americana

- Nolí, Ñoli, Corozo o Caiaué
- *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 Manaos, ríos Madeira, 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), Benin, 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 Benin, Afríca. Posteriormente en Ecuador y los Llanos

Nuevas prospecciones: Convervación de la especie

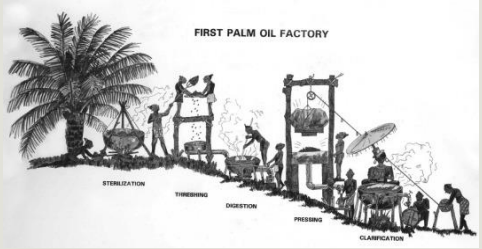
- 2002: Cenipalma, Trapecio Amazónico
- 2016-2019: Cenipalma (Colciencias-152, 2016-2019), 12 departamentos, 37 municipios

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

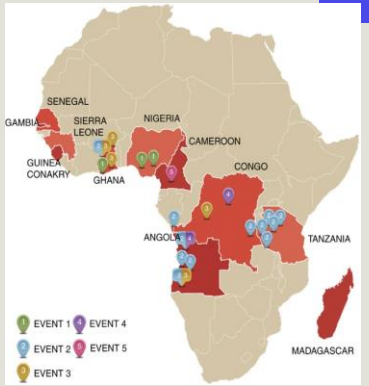
Elaeis guineensis Jacq.

E. guineensis

- Originaria de África central
- Seguridad Alimentaria



….Antes 1760



Singh, et al 2014

1763-1780

Llega a las Antillas, Guyana y Brasil

Nicholas Joseph Jacquin clasifica la especie en Martinica

Jardín Botánico de Bogor

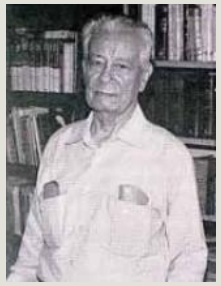
1848

4 palmas que dieron origen a la palmicultura mundial

1900-1940

Demanda de aceites vegetales y aplicaciones industriales

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



Victor Manuel Patiño

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: Téneras 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

1941-1970

1970-Actualidad

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

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

cenipalma

Híbridos OxG

Primeras hibridaciones

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

Década de los 40´s y 50´s

Foto: Vergara Pinto.
Figura 2.—Híbridos F_1 de **Elaeis melanococca x Elaeis guineensis Jacq.** en producción.
Palmeras de 6 años que empezaron a florecer a los 2 y medio.
Cereté — Finca El Cedro, Colombia 1969.

Primeros híbridos en Colombia

Años 60´s

- 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. oleífera*.

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 pisiferas del Bajo Calima, y los de Tumaco y Aracataca los mismos de Hurtado sembrados en Cereté (Vallejo y Cassalet, 1975)

1963-1968

PC en Coldesa

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

Híbridos ICA e IRHO

•Meunier y Boutín 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 Boutín, 1975)

Años 60´s y 70s

1970-1980

Philippe Genty, IRHO/CIRAD

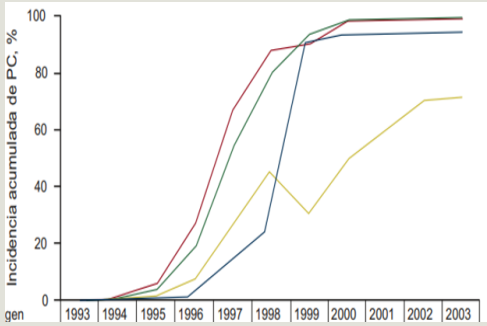
PC en los Llanos Orientales

•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)

Finales 80´s-2000

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

Híbridos OxG



80,700 ha perdidas

Epidemia de PC en las Zonas Suroccidental y Central

2007-2011…

OxG en El Mira, Tumaco. S72. Foto: Rafael Reyes, Agrosavia

2008-2012

Siembra de híbridos OxG en Tumaco y Puerto Wilches

PC Zona Norte

2017-2023…

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

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

2021-2023…

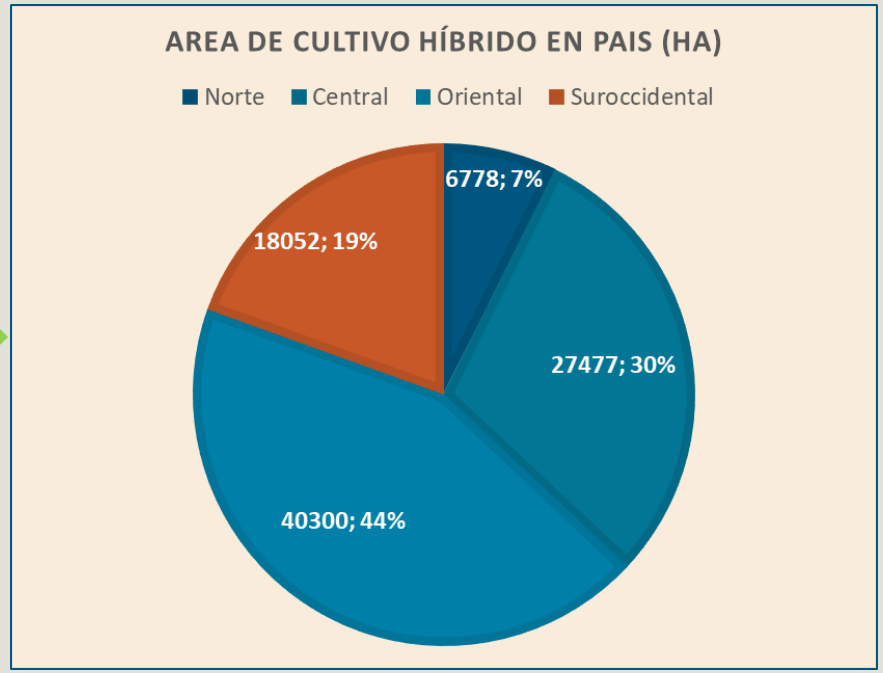
PEAs OxG de Cenipalma

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**



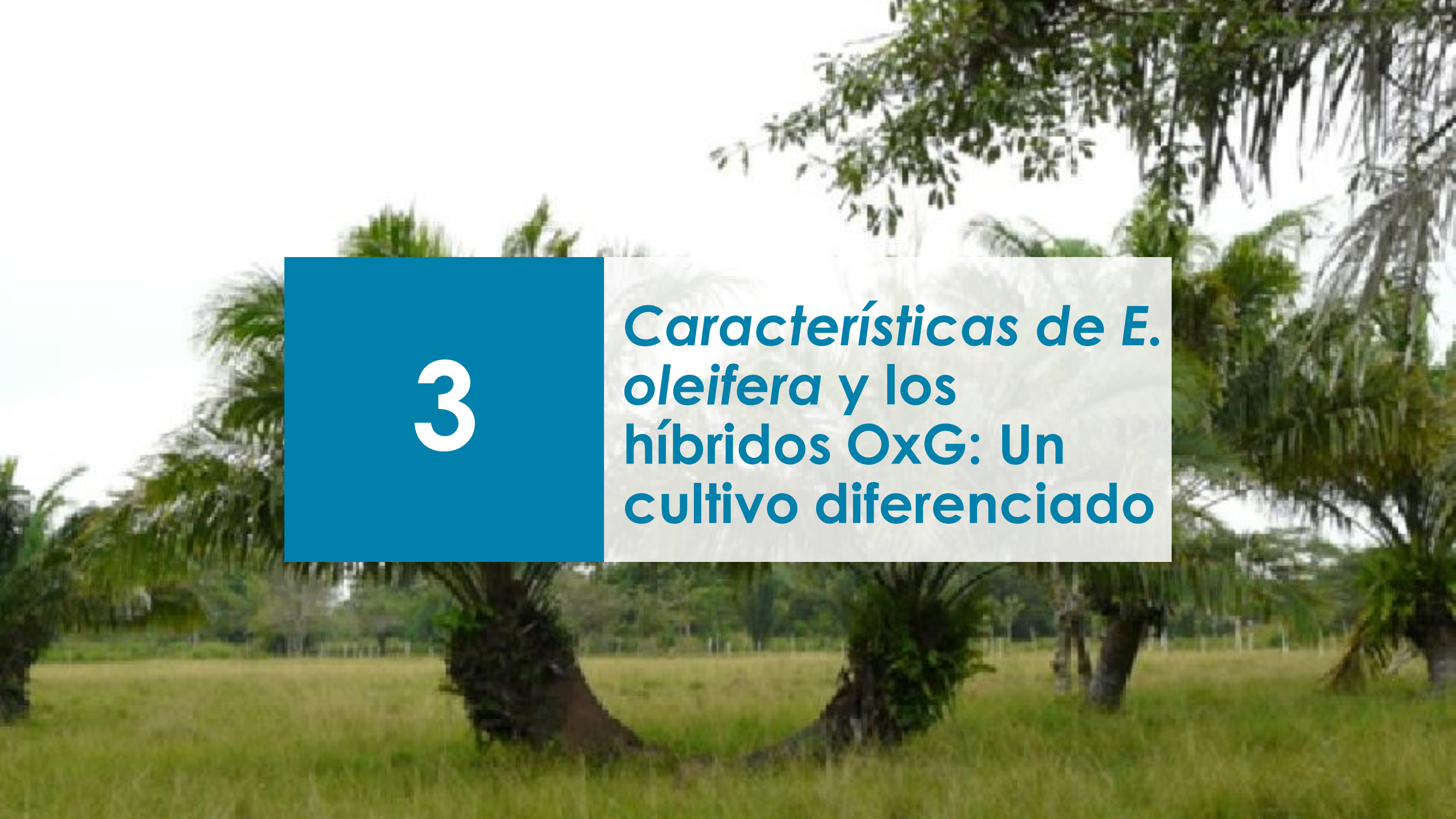
Fuente: Dirección de Extensión, 2023

cenipalma

Híbridos OxG → Nuevo Cultivo

Genotipo x **A**mbiente + **M**anejo

cenipalma



3

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

Palma americana

Elaeis oleifera

Palma africana

Elaeis guineensis

Híbrido interespecífico OxG

cenipalma

Distribución de *Elaeis oleifera*

Brasil
- Manaus
- Manicore
- Coarí

Perú
- Erene

Ecuador
- Taisha

Colombia

Surinam y Guyanas
- Sinú
- Urabá
- Mag. Medio
- Amazonia

cenipalma

Variabilidad del recurso genético de *Elaeis oleifera*

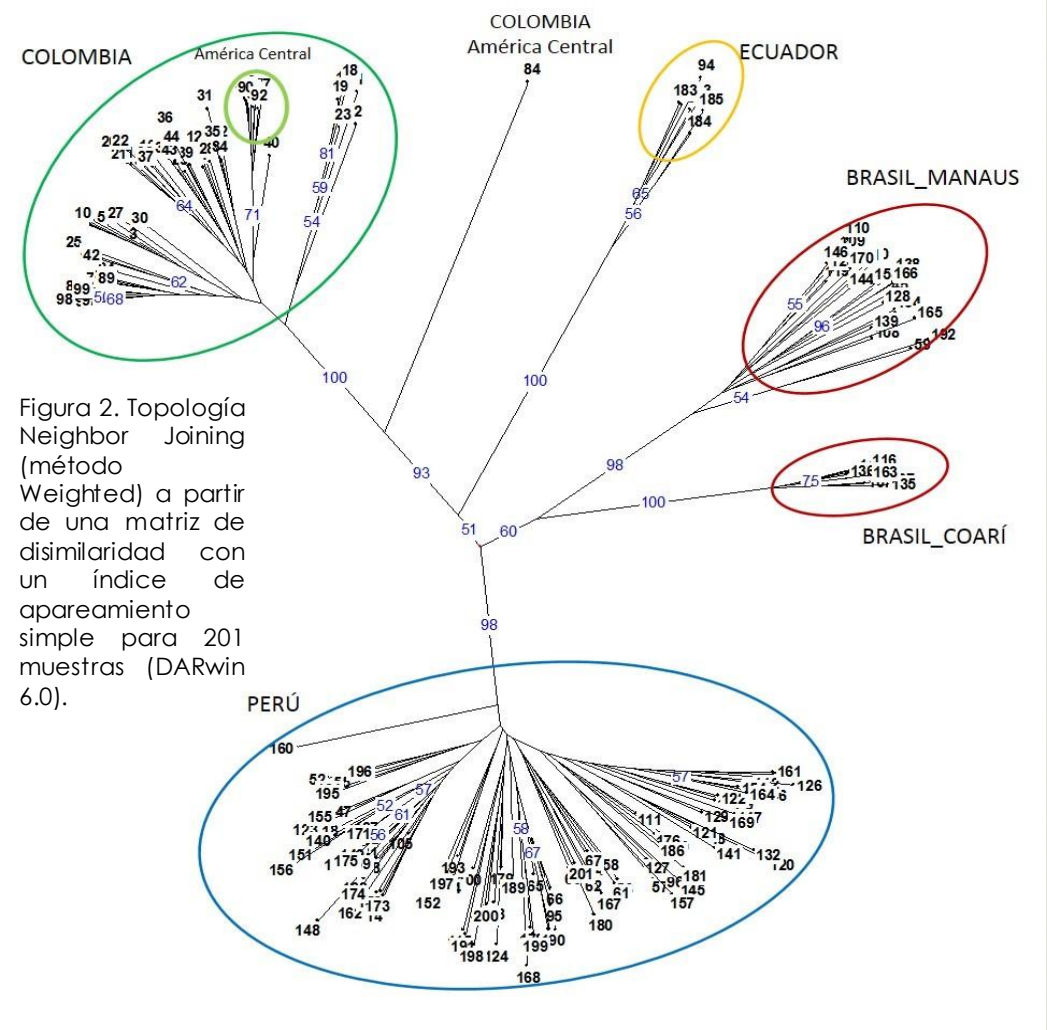


Figura 2. Topología Neighbor Joining (método Weighted) a partir de una matriz de disimilaridad con un índice de apareamiento simple para 201 muestras (DARwin 6.0).

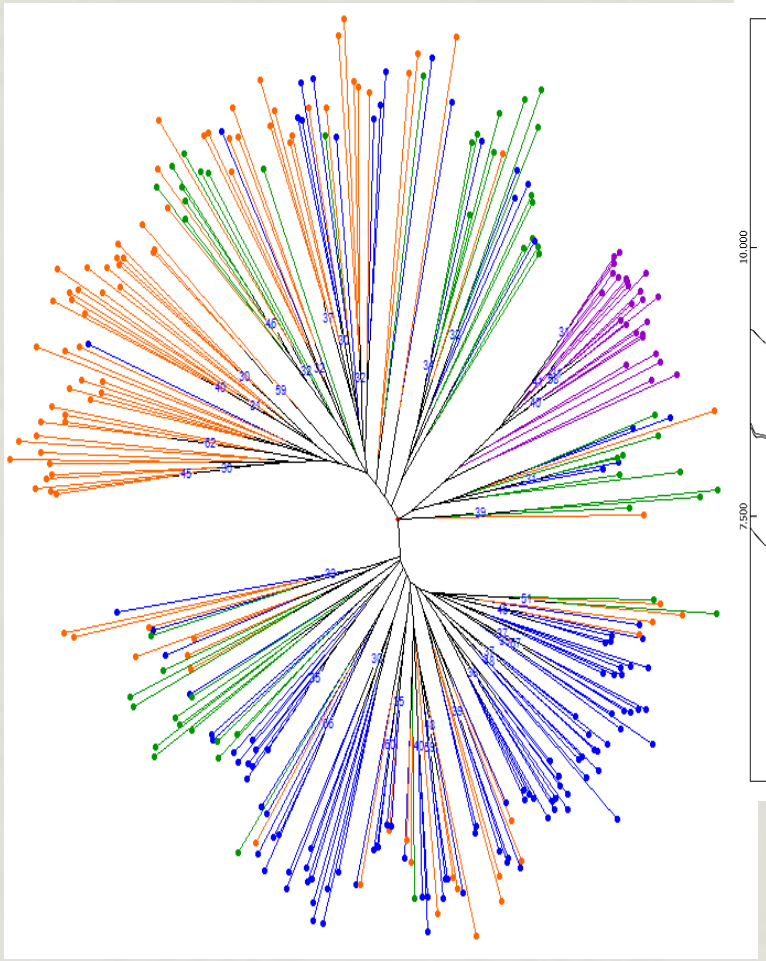
Resultados Cenipalma 2015-2020

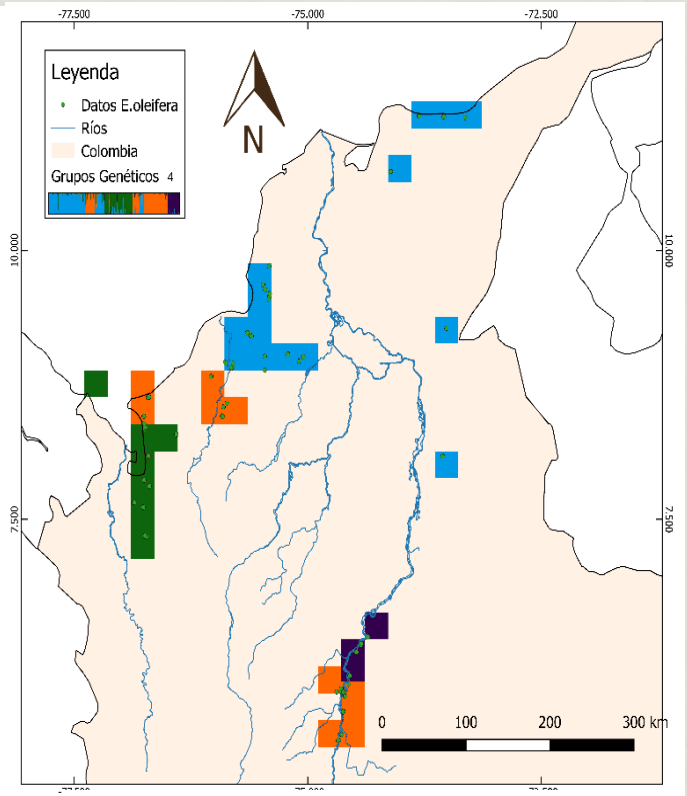
Estudio de diversidad genética de *Elaeis oleifera* (H.B.K.) Cortés, originaria del valle de Sinú-San Jorge y la Region Amazónica , CENIPALMA, Arias, et al., 2015 (TGG).

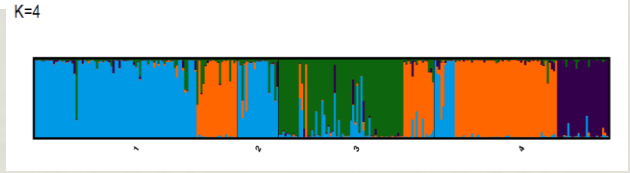
cenipalma

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

Montoya, et al. Resultados Cenipalma-Colciencias 152 (2016-2019)

Cada combinacion es única: comportamiento ≠ entre ellos

Coari
Manaos
Taisha
Brasil
Perú
Cereté
Manicoré
Surinam…

Palma americana

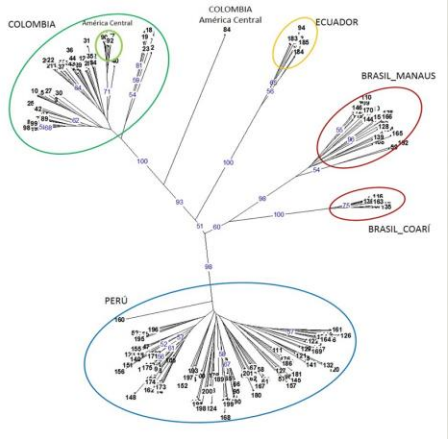
Elaeis oleifera

×

Palma africana

Elaeis guineensis

La Mé
AVROS
Compacta
Ekona
Deli
Yangambi
Angola
Djongo…

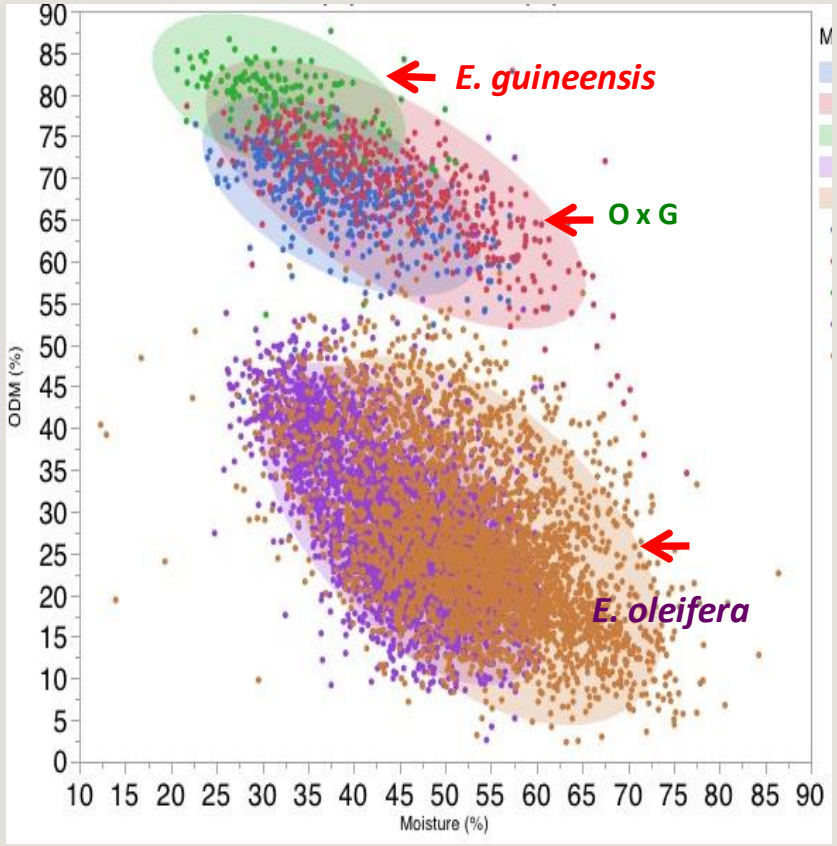


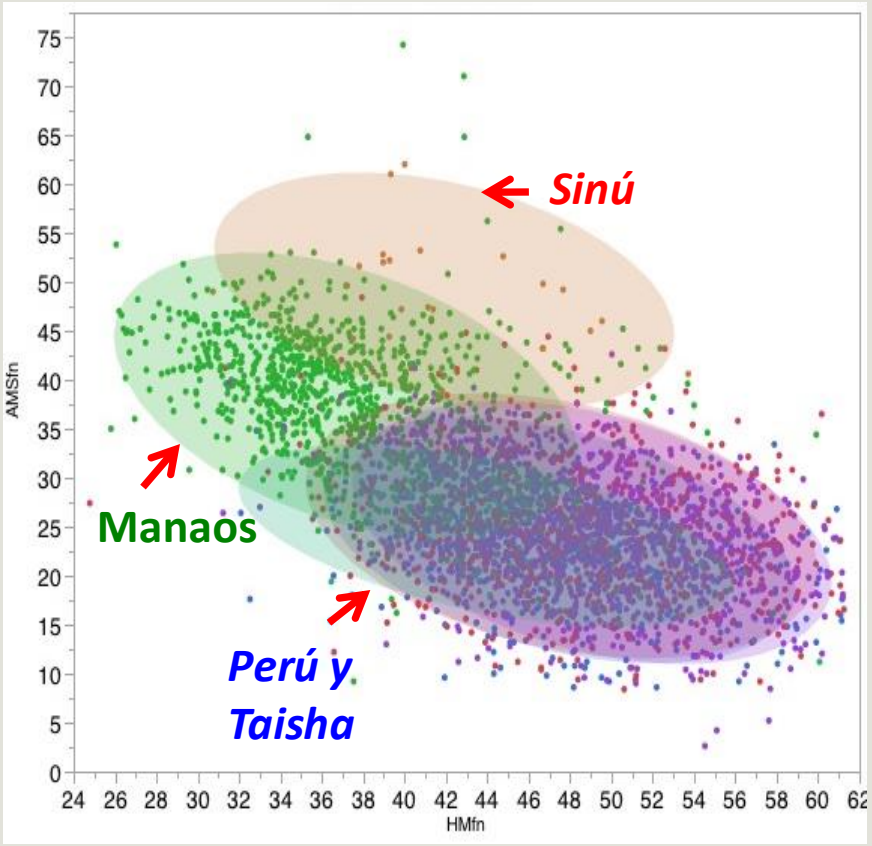
Híbrido interespecífico OxG

cenipalma

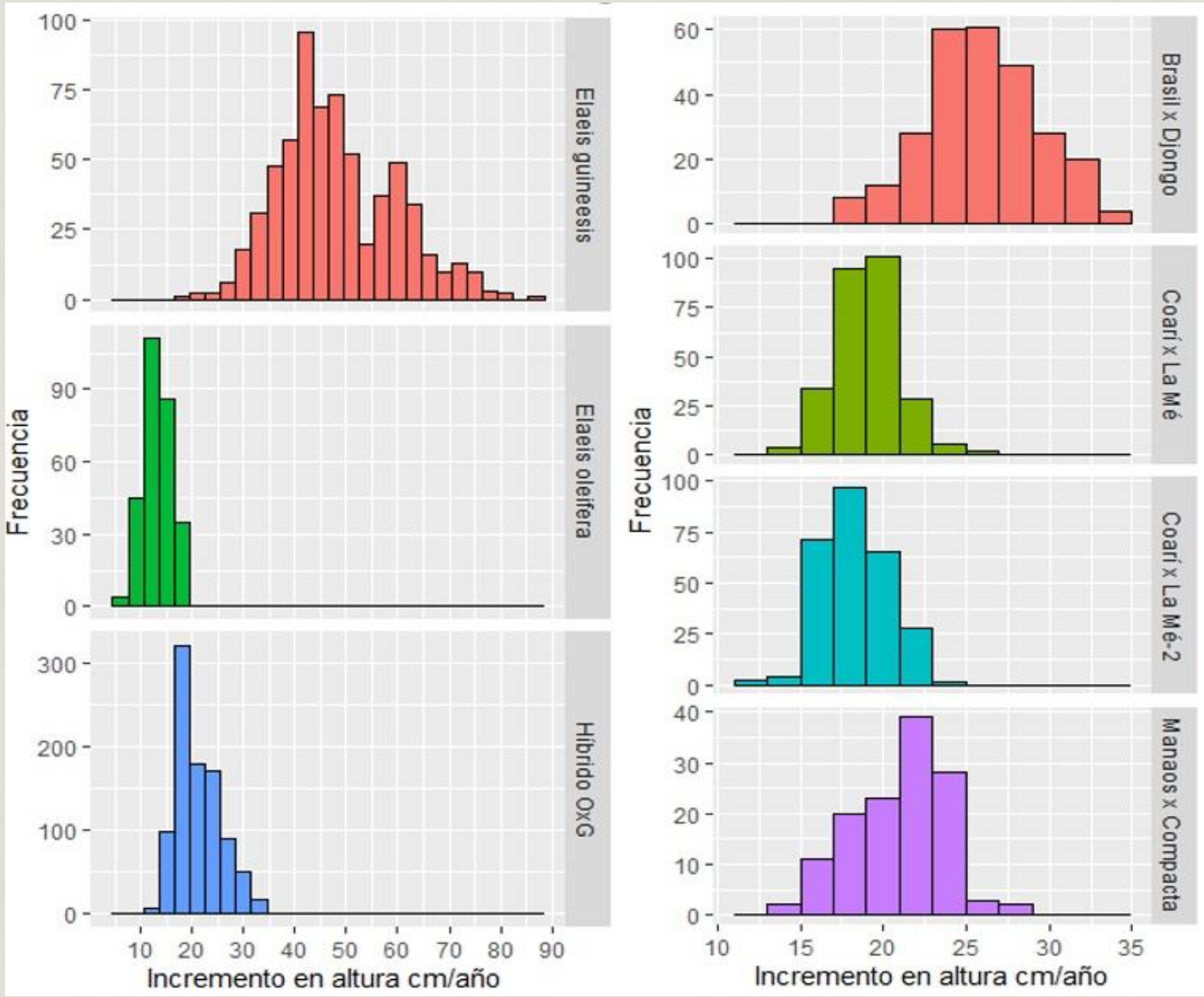
Síntesis de aceite en el mesocarpio

Aceite a mesocarpio seco (%)





cenipalma



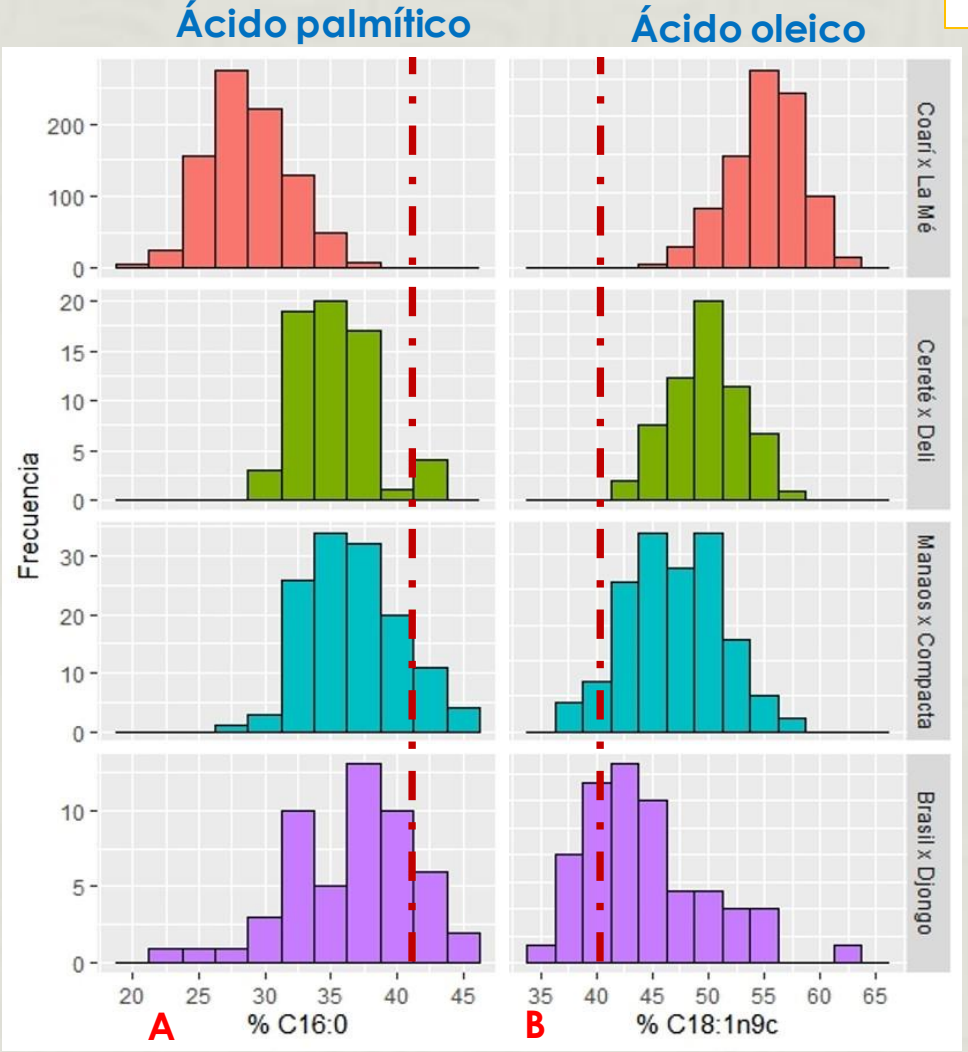
Altura en los híbridos OxG

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

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

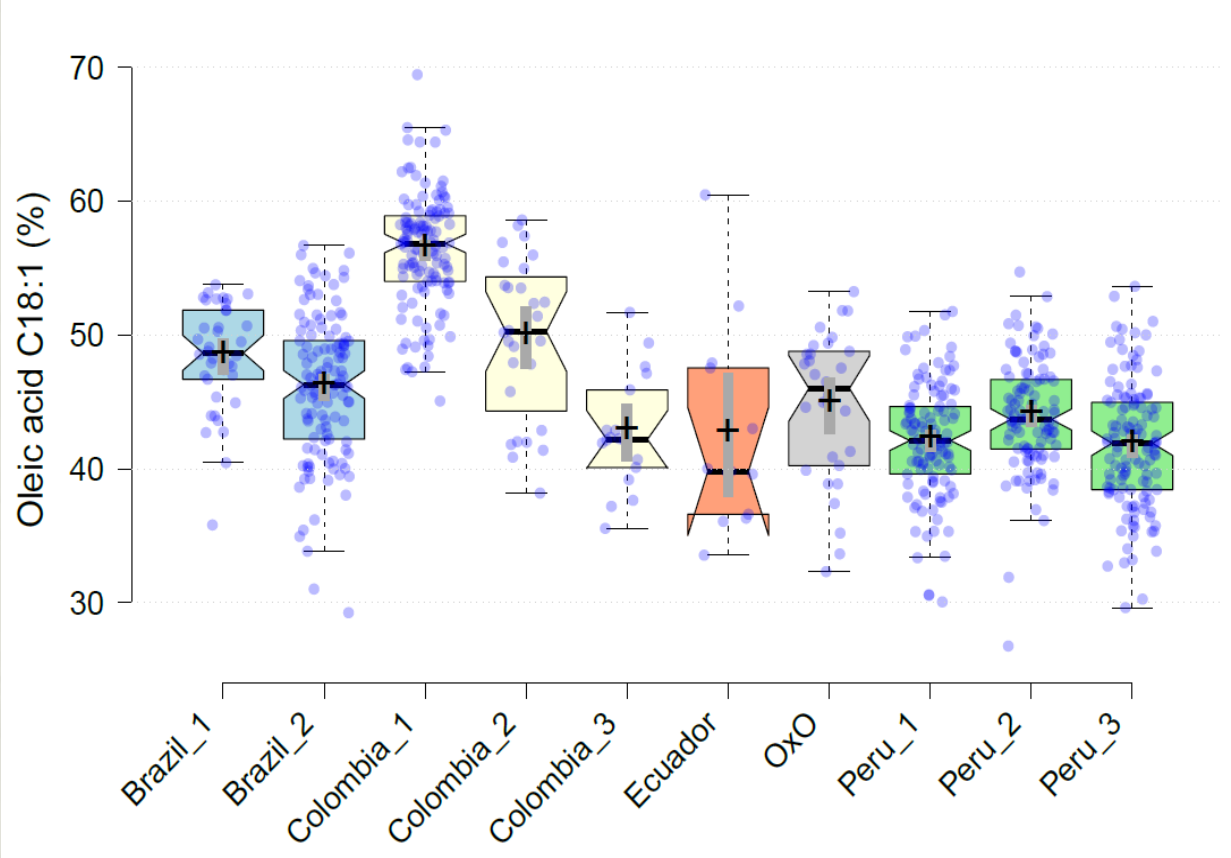
cenipalma

Ácidos grasos en los híbridos OxG y *Elaeis oleifera*



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

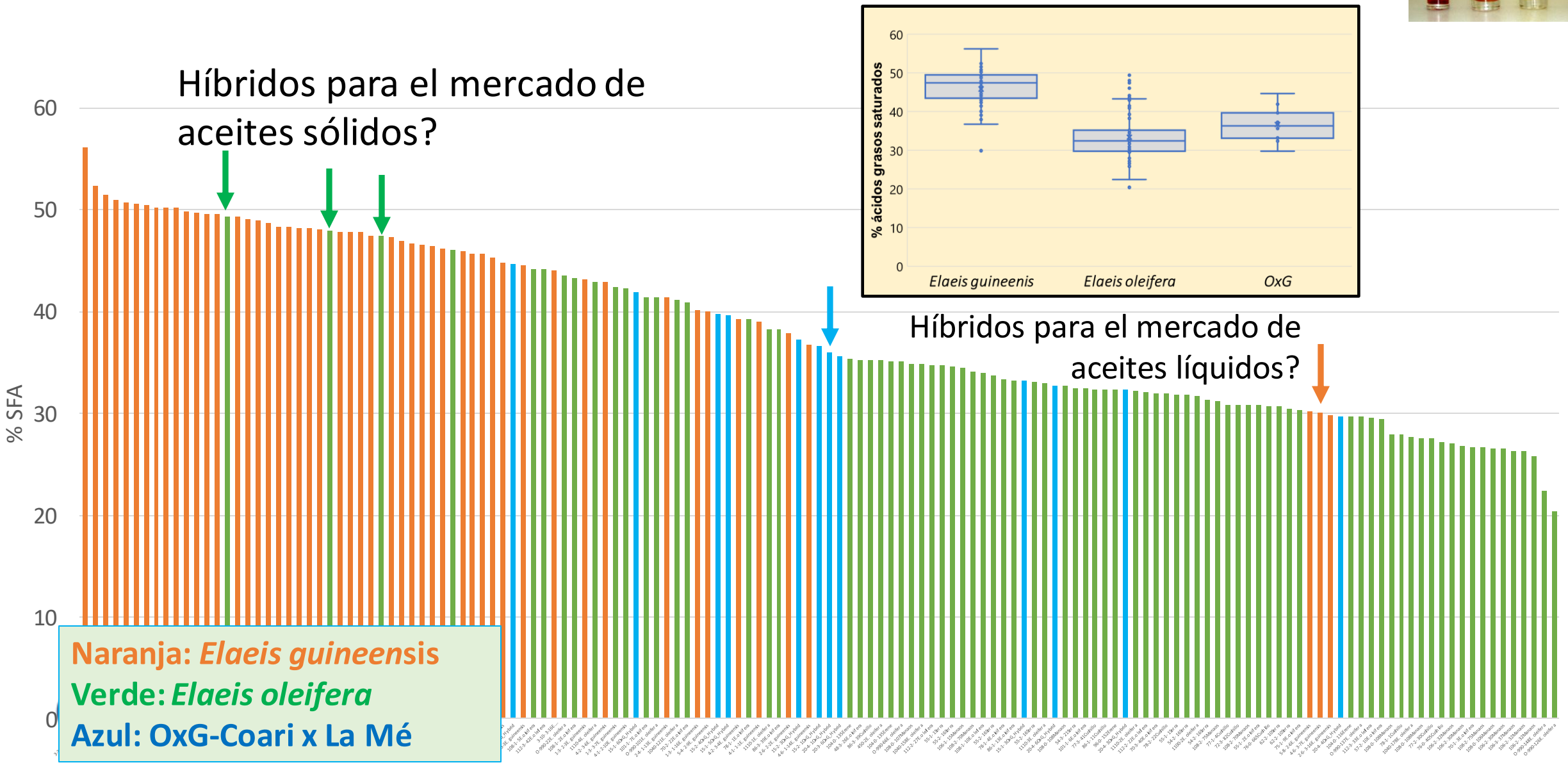
Libro híbrido OxG, capítulo 5, Ayala, I, et al 2023



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

cenipalma

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

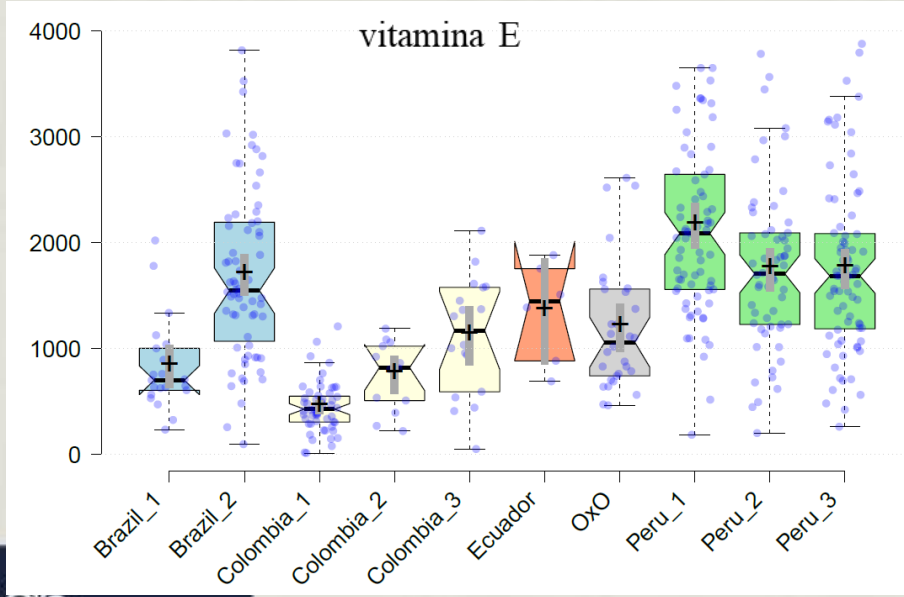


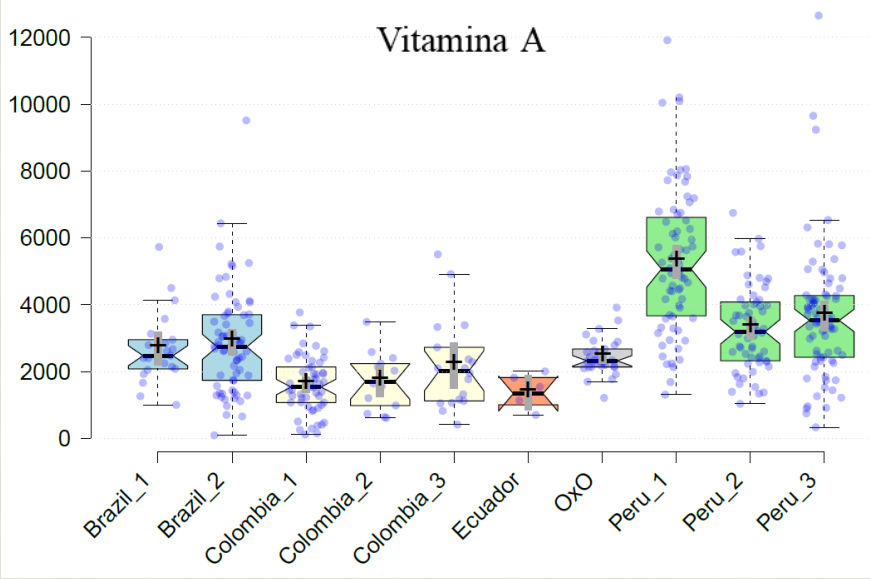
Contenido de nutraceúticos en híbridos OxG y *E. oleifera*

Compuestos menores	Coari x La Mé			Cereté x Deli			Brasil x Djongo			Manaos x Compacta			*E. guineensis* - 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, HM. Romero, *et al*

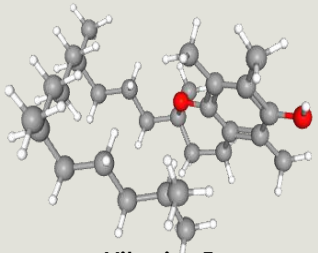




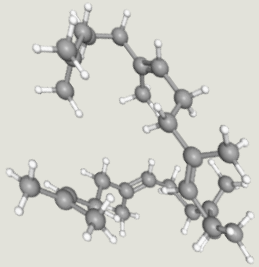
Cenipalma 2014-2022

cenipalma

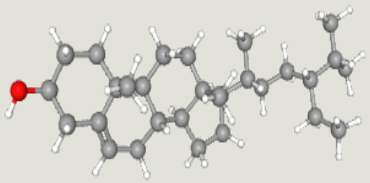
Fitoquímicos en OxG: Compuestos biológicamente activos, de origen natural, con potenciales aplicaciones farmacéuticas, nutraceúticas y cosméticas.



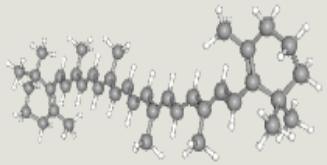
Vitamina E (α–tocoferol)



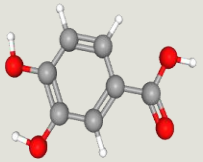
Isoprenoides (Escualeno)



Fitoesteroles (β–sitosterol)



Carotenoides (β–caroteno)



Fenoles (ácido protocatéquico)

OxG

FITO–

«φυτον» (phyton) planta

Químicos

«χυμεια» (chymeia) que quiere decir química

Fitoesteroles (concentración > 95 % m/m)

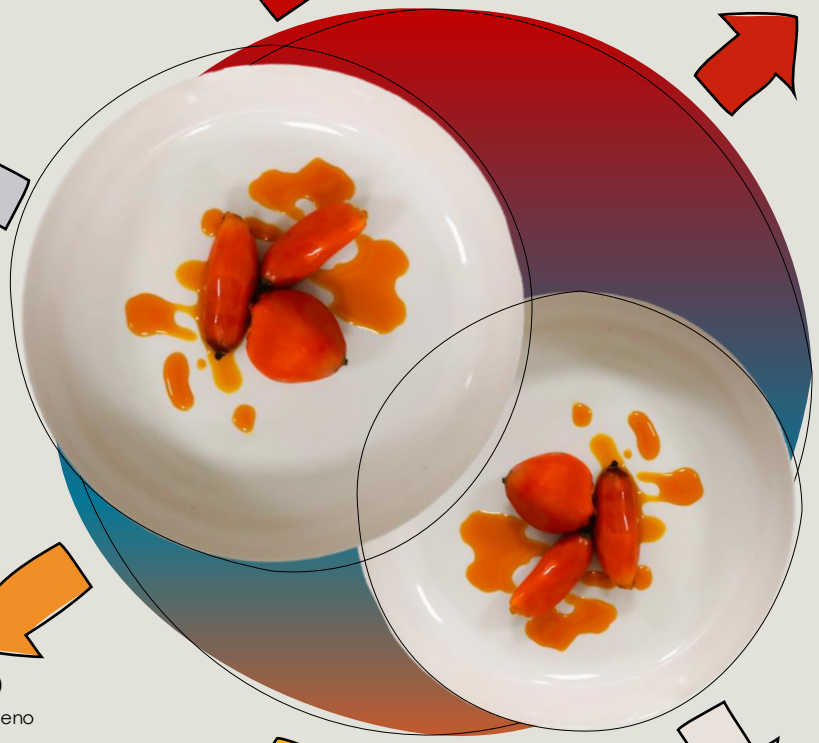
- Hipocolesterolemiante (reducción del colesterol)

Fosfolípidos (concentración > 0,1 % m/m)

Efectos sinérgicos con los tocoles en términos de propiedad antioxidante

Ubiquinonas (concentración > 0,3 % m/m)

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



Carotenoides (concentración > 95 % m/m)

- Inhibidor de oxígeno singlete
- Anticancerígeno
- Pro-vitamina A
- Prevención de la xeroftalmia (ceguera 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)

- Antioxidante y antitumoral
- hipocolesterolemiante (reducción del colesterol)
- Previenen la formación de coágulos en las arterias

Cenipalma , Gonzalez,A. García, JÁ, *et al*

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

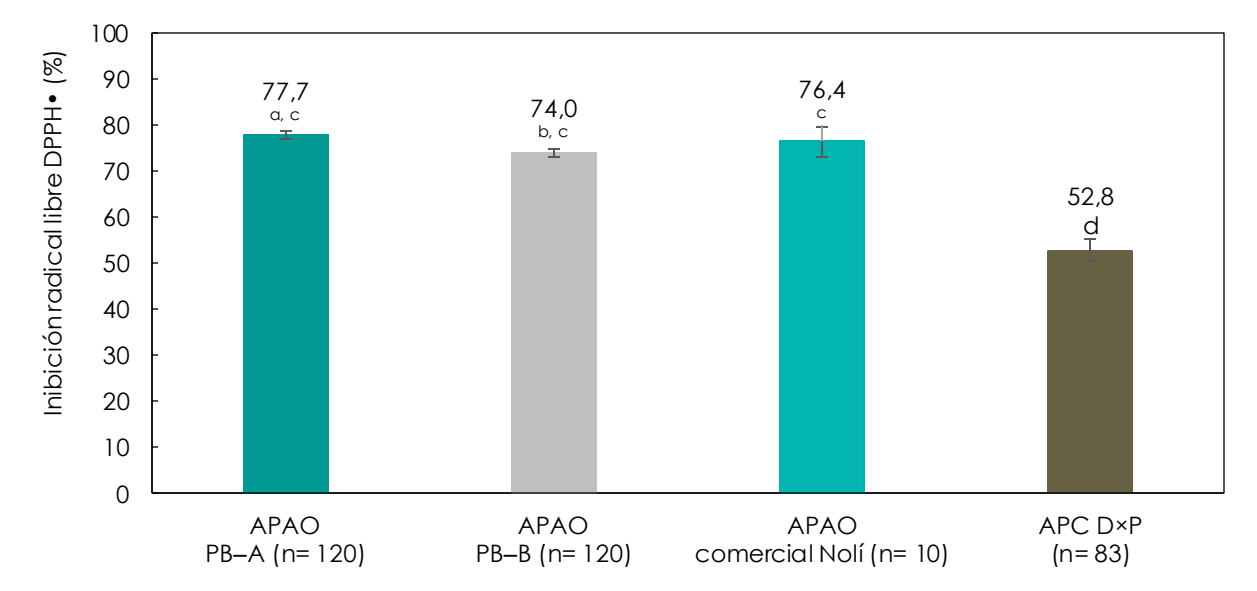


Figura 7. Porcentaje de inhibición del radical libre DPPH• por extractos metanólicos de APAO crudo (PB–A: Planta de beneficio A; PB–B: Planta de beneficio B), de APAO comercial Nolí® y de APC D×P. Las barras de error corresponden al error estándar de la media.

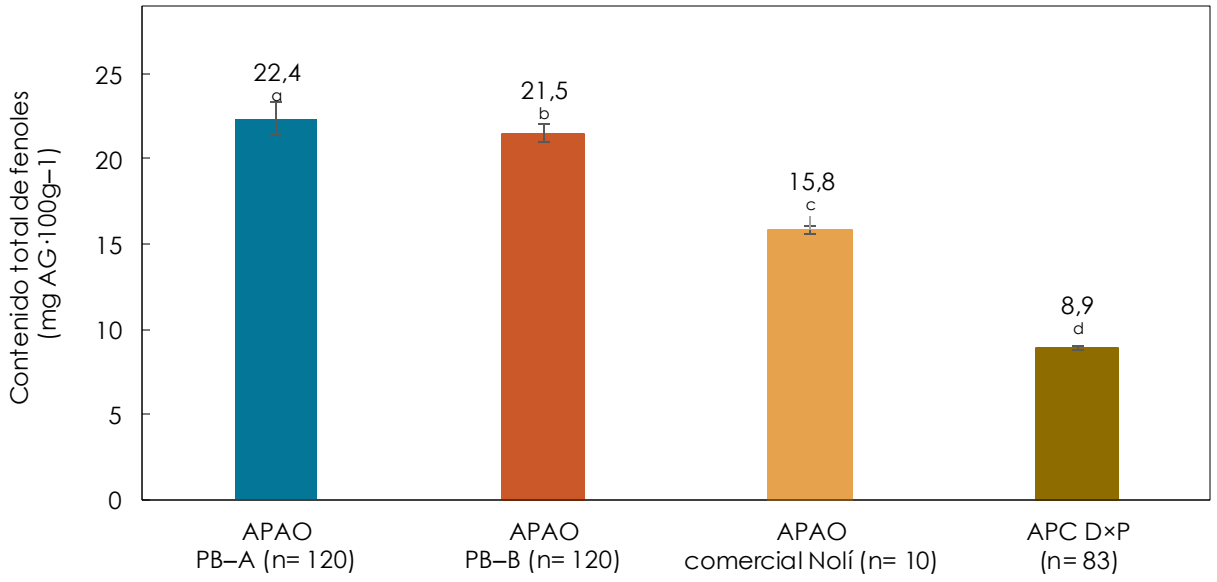
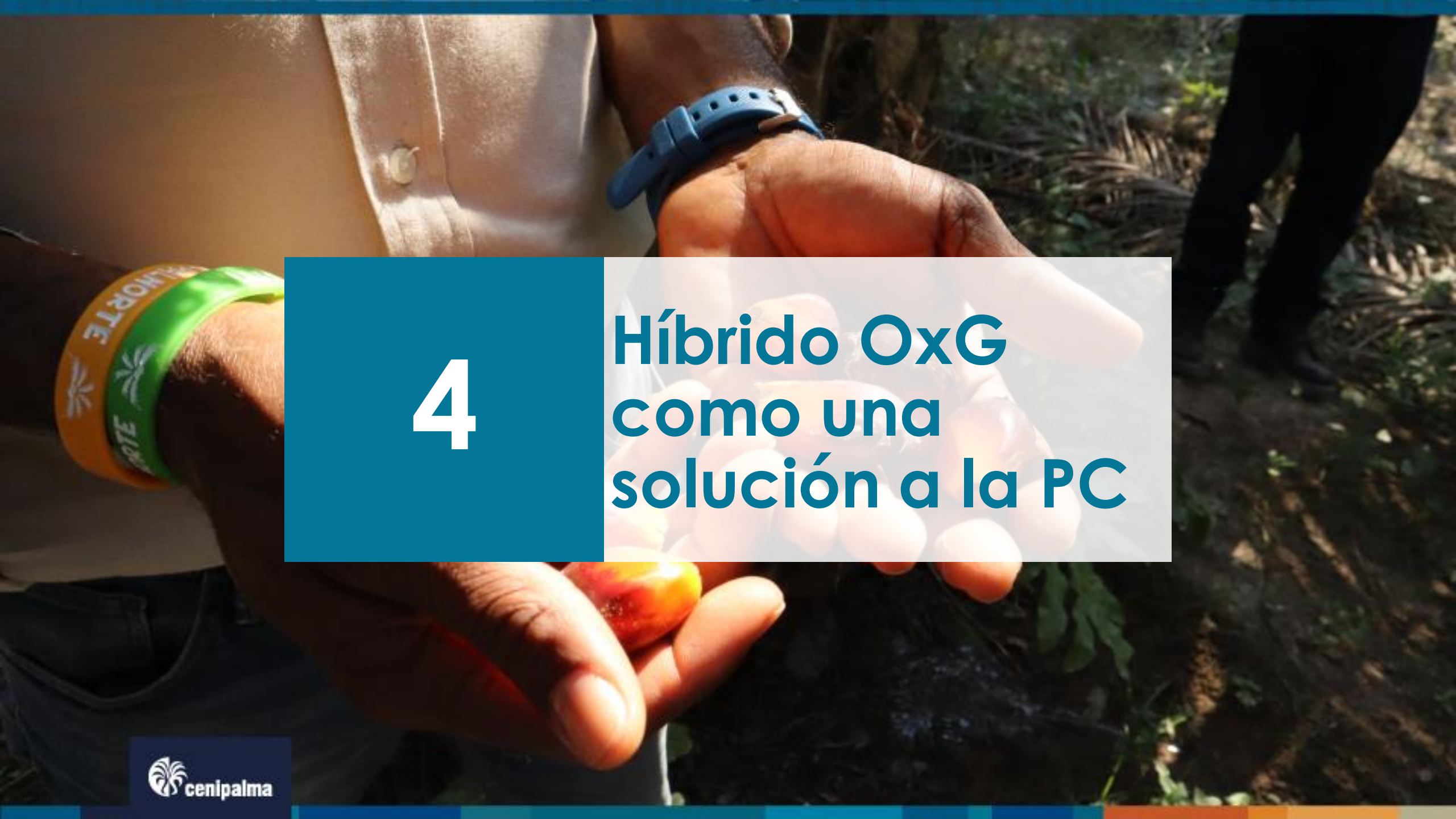


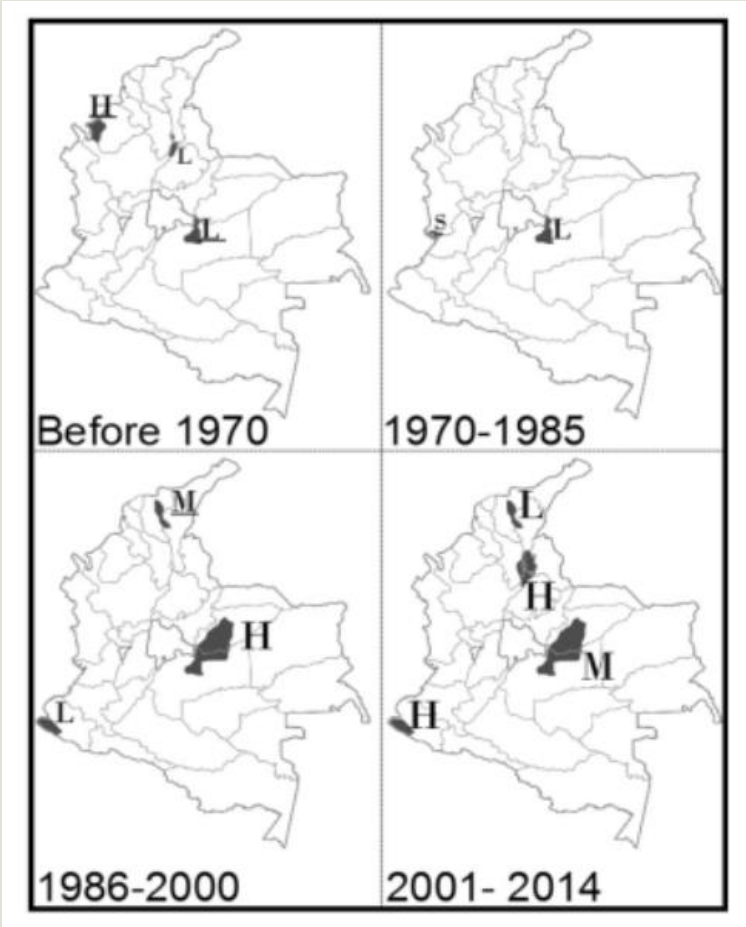
Figura 8. Compuestos fenólicos y polifenólicos totales en APAO crudo (PB–A: Planta de beneficio A; PB–B: Planta de beneficio B), de APAO comercial Nolí® y de APC D×P.



4 Híbrido OxG como una solución a la PC

cenipalma

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

cenipalma

PC Tumaco 2008

cenipalma

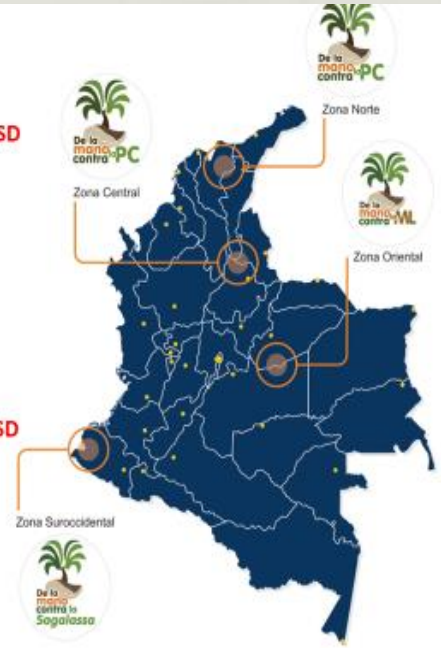
Pudrición en Cogollo en Colombia

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



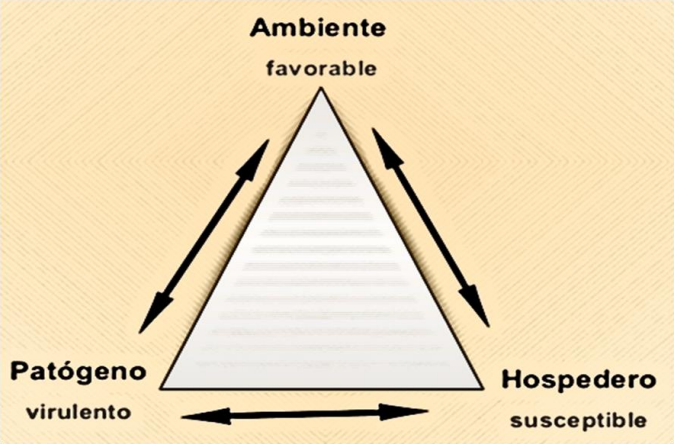
Área Afectada por PC ZN **Incluyendo Magdalena**: 27.500 ha
Pérdida Económica: 613 millones USD

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

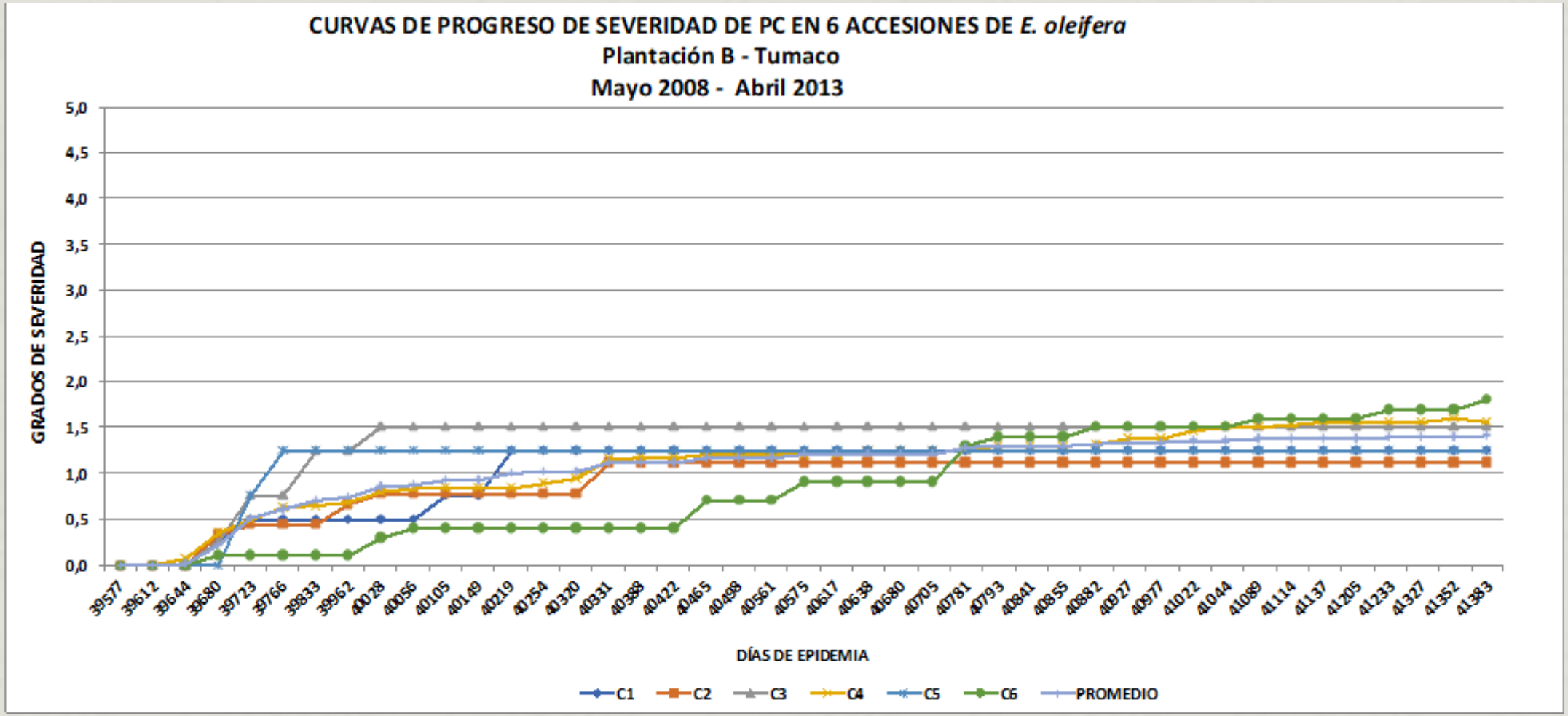
Corto y mediano plazo

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

Mediano y largo plazo

cenipalma

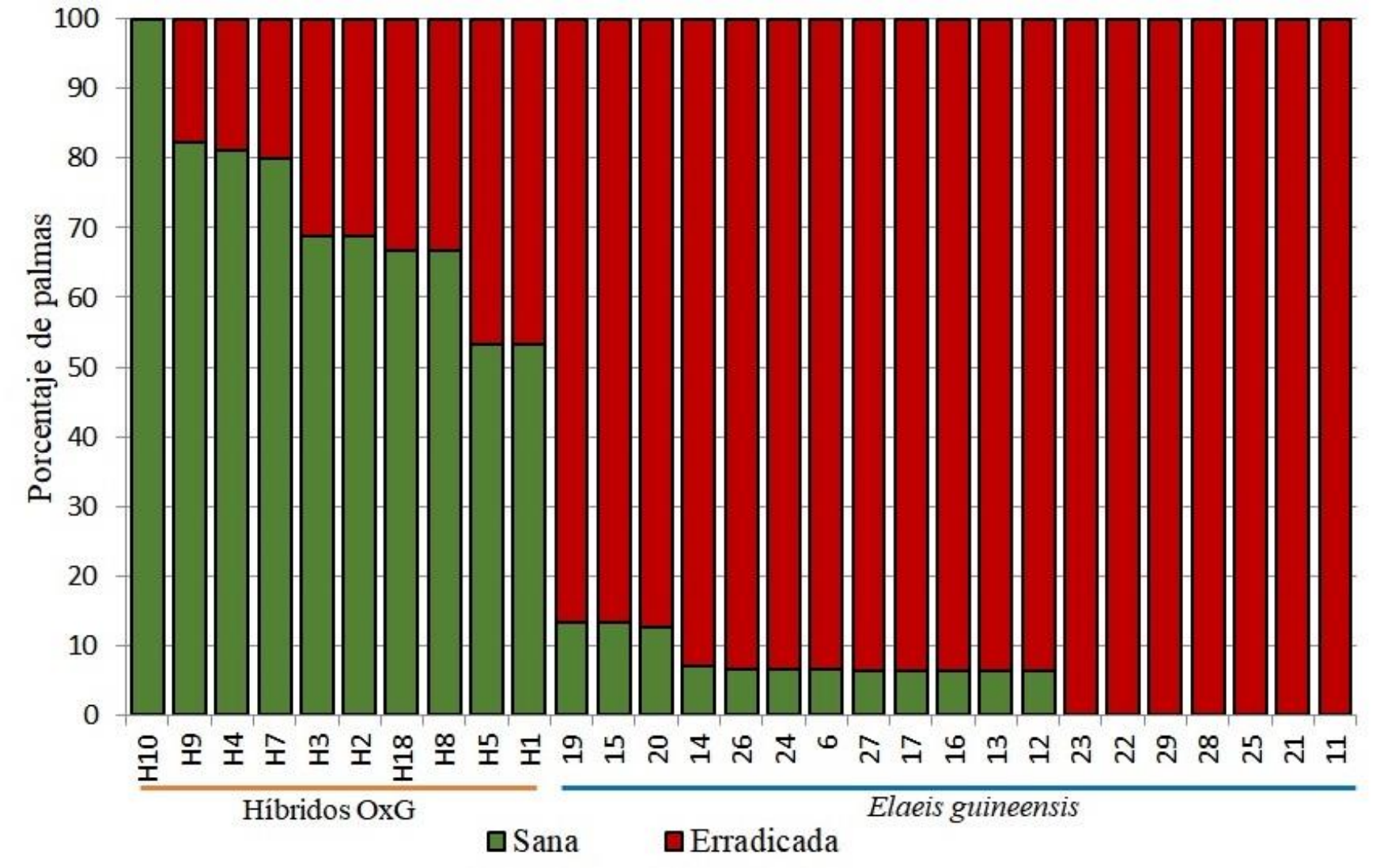
E. oleifera evaluada en hot spots para la PC



cenipalma

PC en híbridos OxG

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

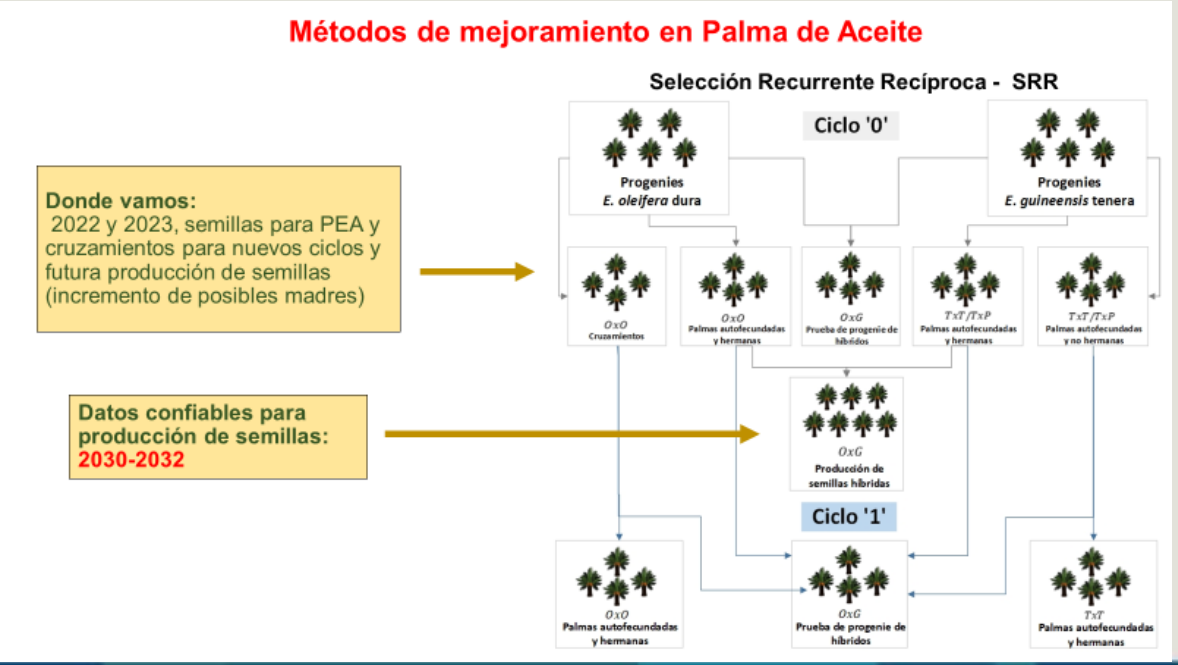


Tomado de: Ávila-Diazgranados, R., Daza E., Navia E. y Romero H.M., 2016. (Agronomía Colombiana 34(1), 74-81)

cenipalma

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

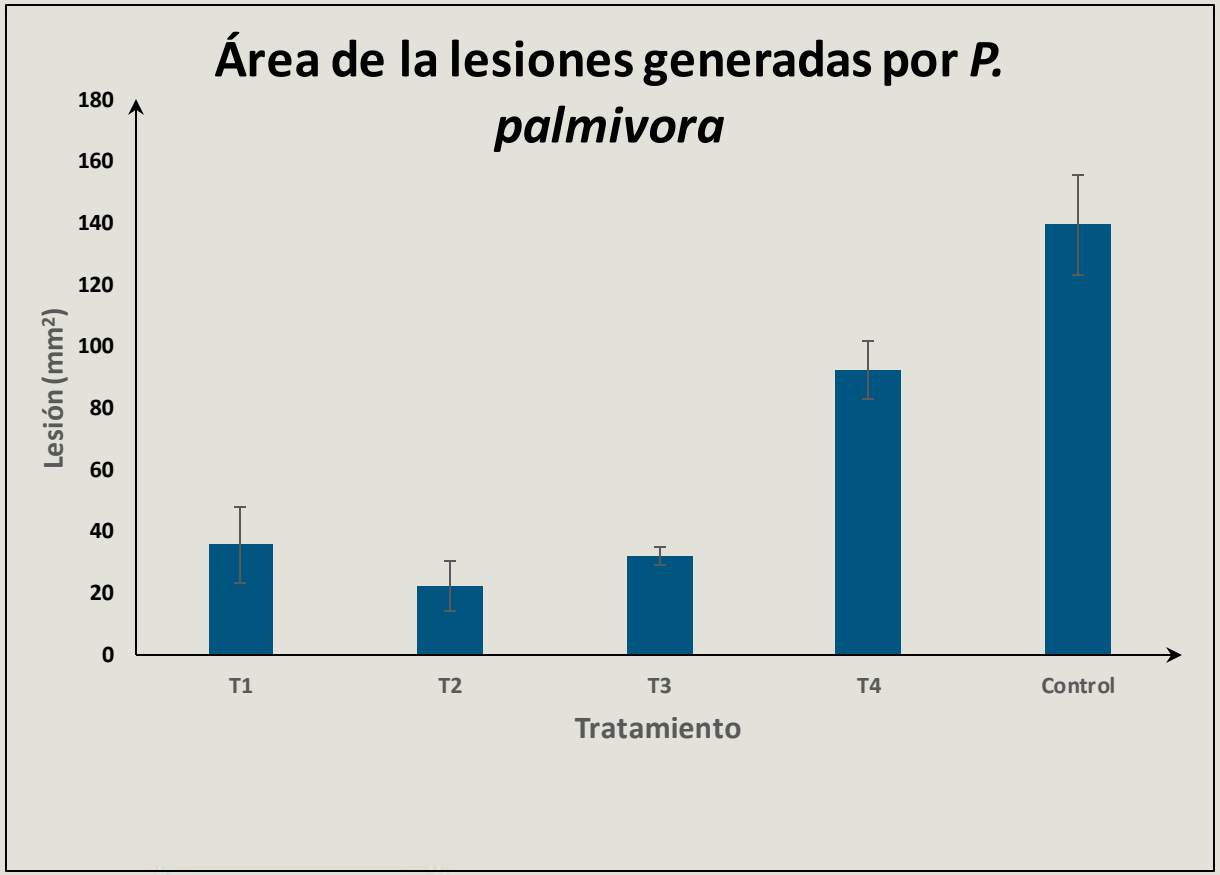
O x G



cenipalma

TECNOLOGÍAS PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LA PC

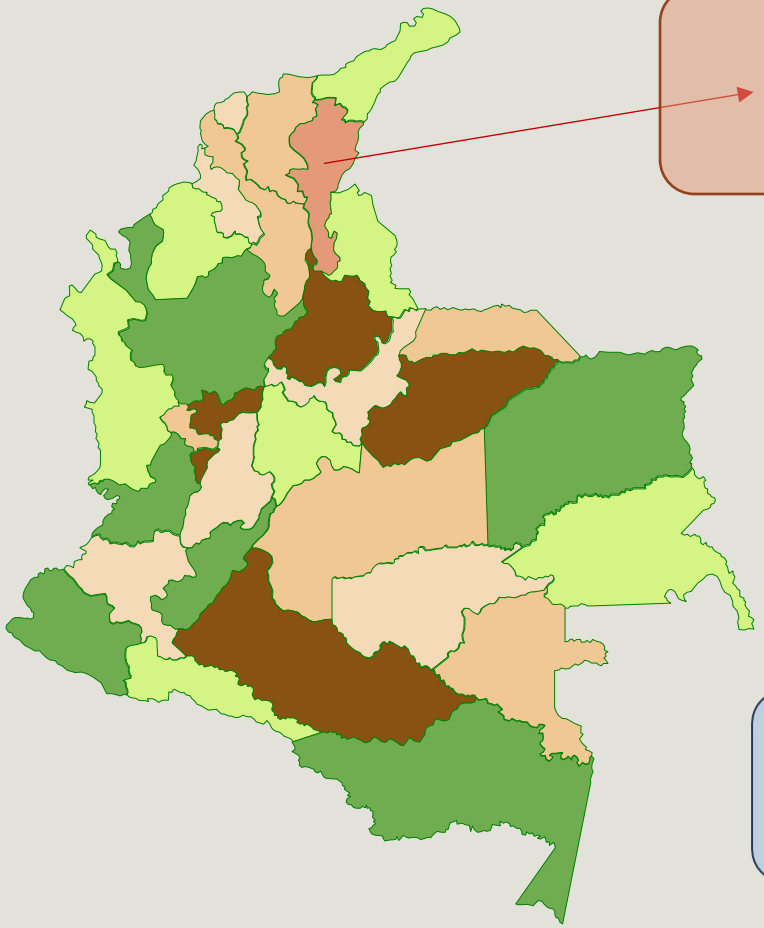
✓ **Búsqueda de alternativas químicas – Zona Suroccidental**



cenipalma

TECNOLOGÍAS PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LA PC

✓ **Búsqueda de alternativas biológicas – Zona Norte**



Codazzi-2
Becerril-1
El Copey-1
San Alberto-3

56

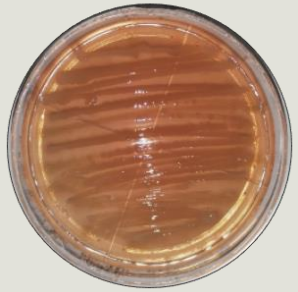
Hongos

Vs

Bacterias

Aislamientos bacterianos

56 *Bacillus*→ 9 suelo, 49 endófitos
20 *Pseudomonas*→ 16 de suelo, 4 endófitos



78

Aislamientos de *Trichoderma* sp.

26 de suelo
30 endófitos

Muestras procesadas

Suelo → 66
Raíces→ 60

8 Plantaciones muestreadas

4 Municipios

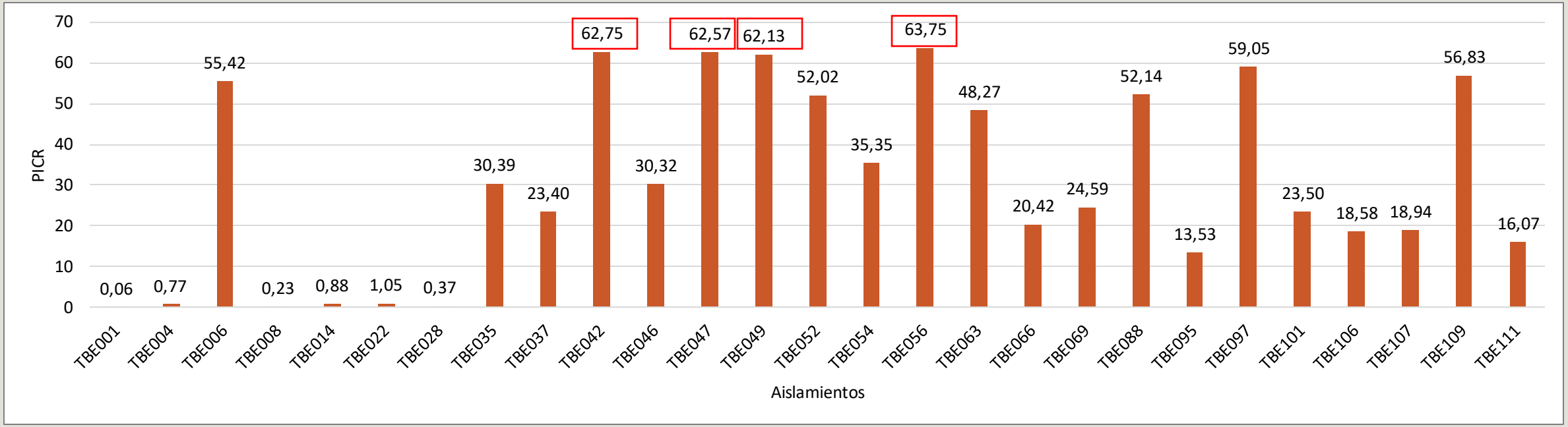
Resultados: Microorganismos obtenidos =134

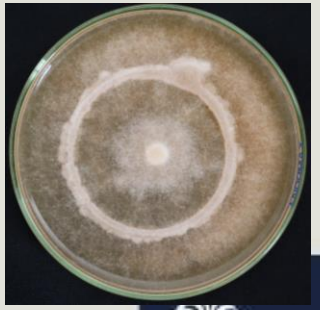
cenipalma

TECNOLOGÍAS PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LA PC

✓ **Búsqueda de alternativas biológicas – Zona Norte**

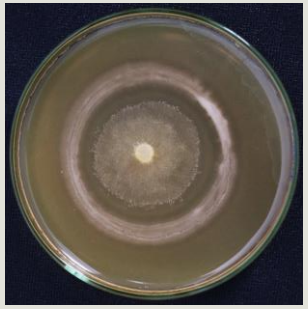
Prueba *in vitro* de competencia con bacterias endófitas



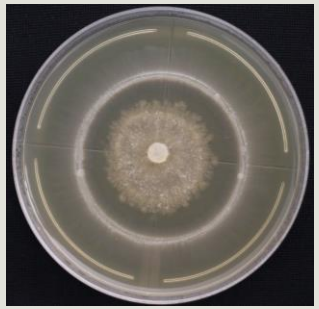


TBE037

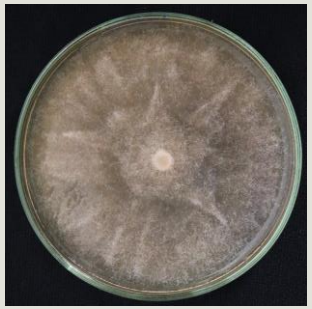
TBE042



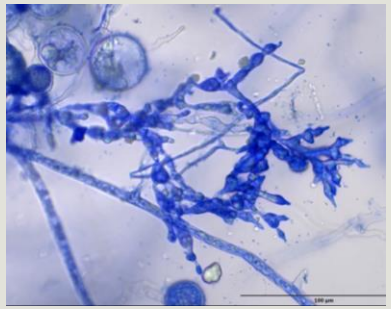
TBE047



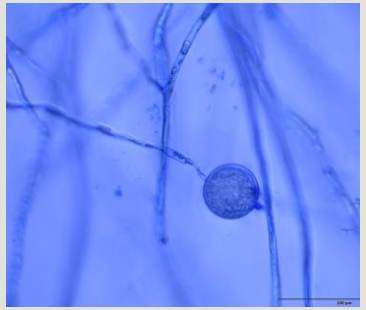
TBE056



CONTROL



TBE056



CONTROL

cenipalma

5

Plagas y enfermedades de los híbridos OxG: Mitos y realidades

cenipalma

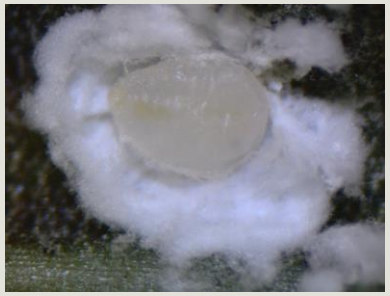
Principales plagas reportadas en los híbridos OxG

Leptopharsa gibbicarina

Stenoma cecropia

Euprosterna elaeasa

Opsiphanes cassina



Sibine fusca

Leucothyreus femoratus

Brassolis sophorae

Rhynchophorus palmarum

nnetti

Strategus aloeus

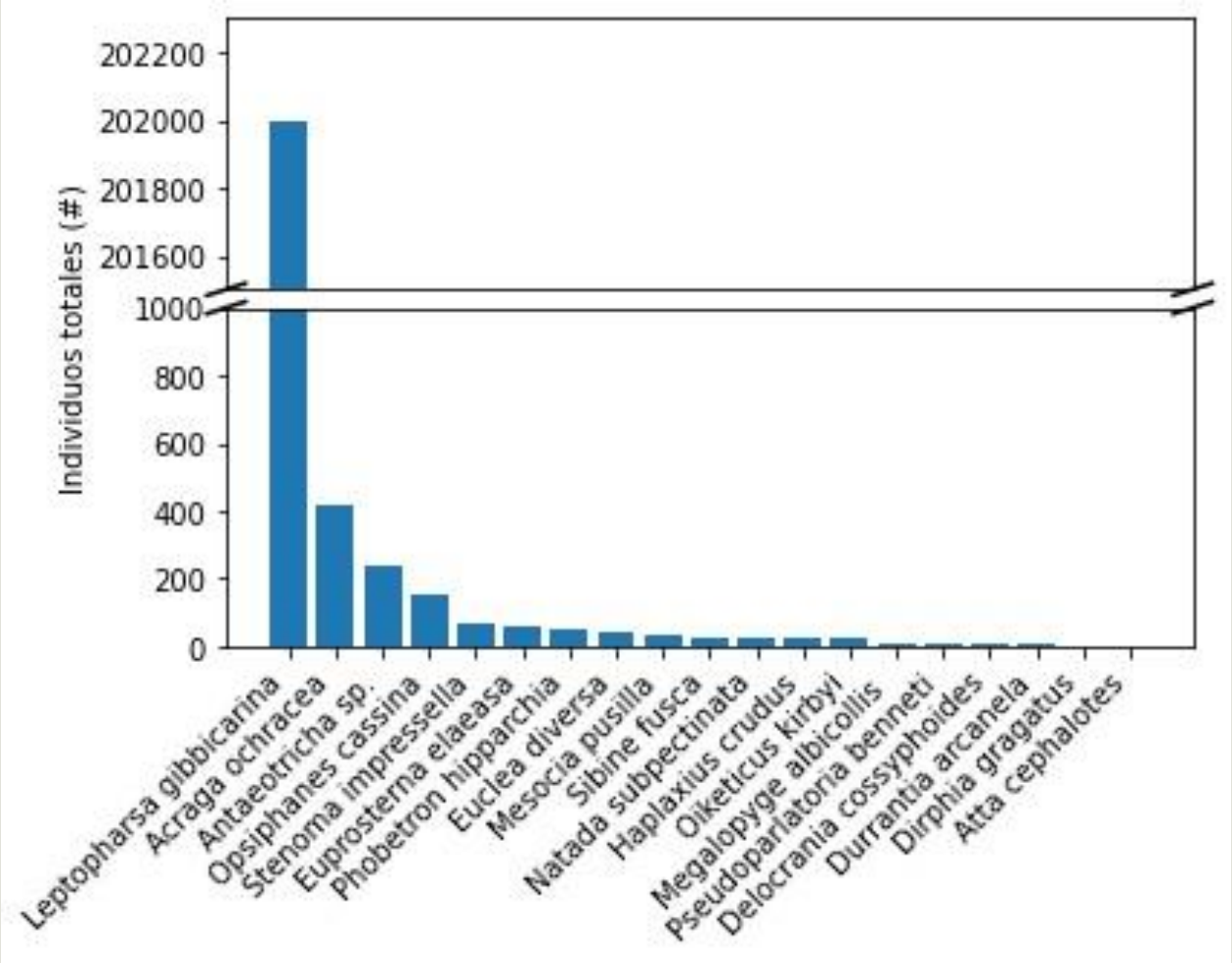
Sagalassa valida

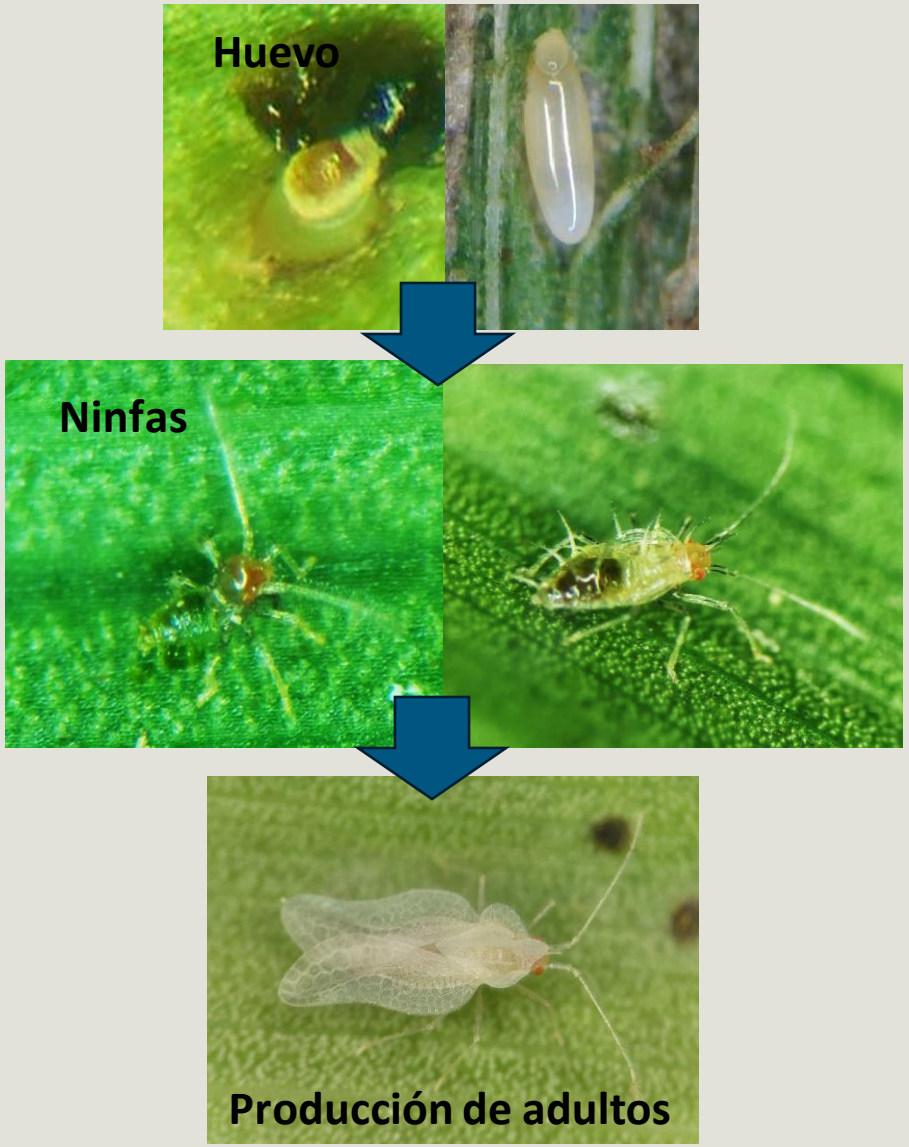
Demotispa neivai

cenipalma

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

2023

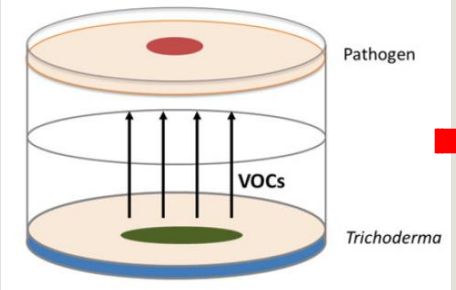


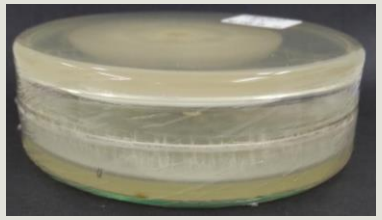


cenipalma

TECNOLOGÍAS PARA EL MANEJO INTEGRADO DE OE - Pestalotiopsis

✓ Alternativas biológicas para el control de *Pestalotiopsis*





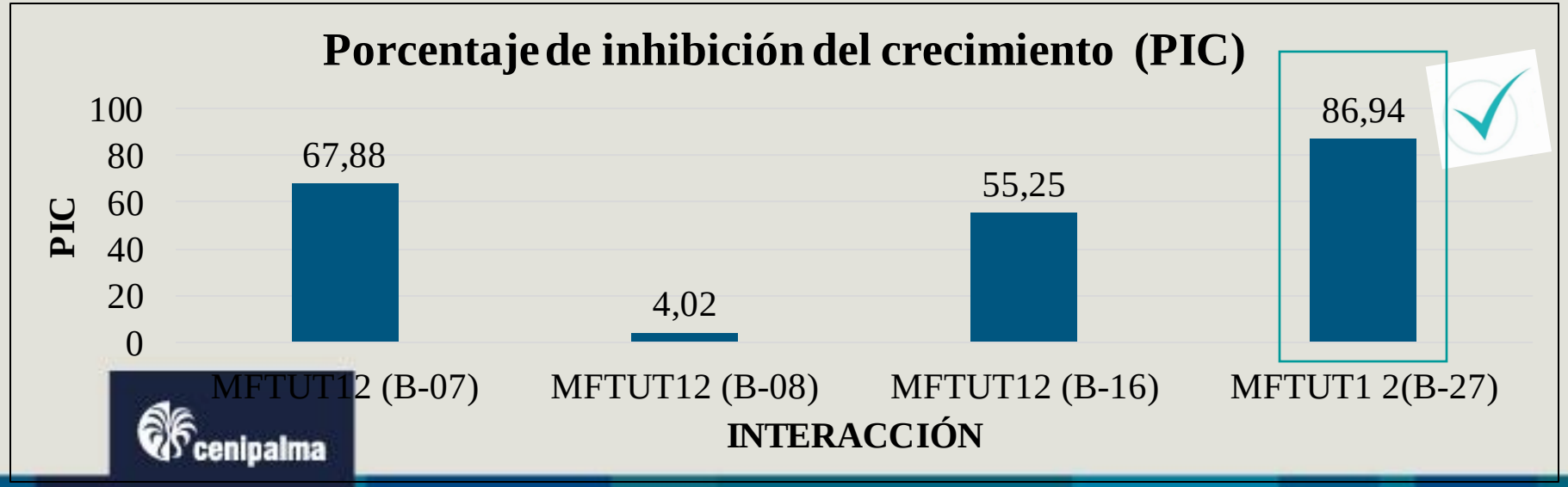
Diseño: DCA
Tratamientos: 6
Repeticiones: 6
Unidad experimental : Caja Petri con la interacción
Variables de respuesta: Crecimiento radial. PIC

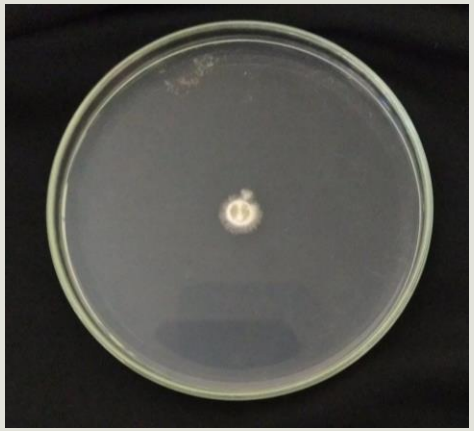
Cultivo Dual

Control

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

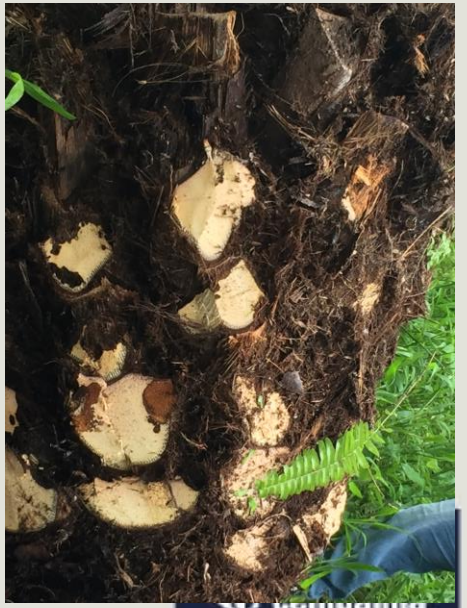
Calculo PICr $PICr = \left[\frac{C1 - C2}{C1}\right] X\ 100$





cenipalma

Pudrición de las bases peciolares en híbrido OxG



Cenipalma,
Sarria, et al 2023

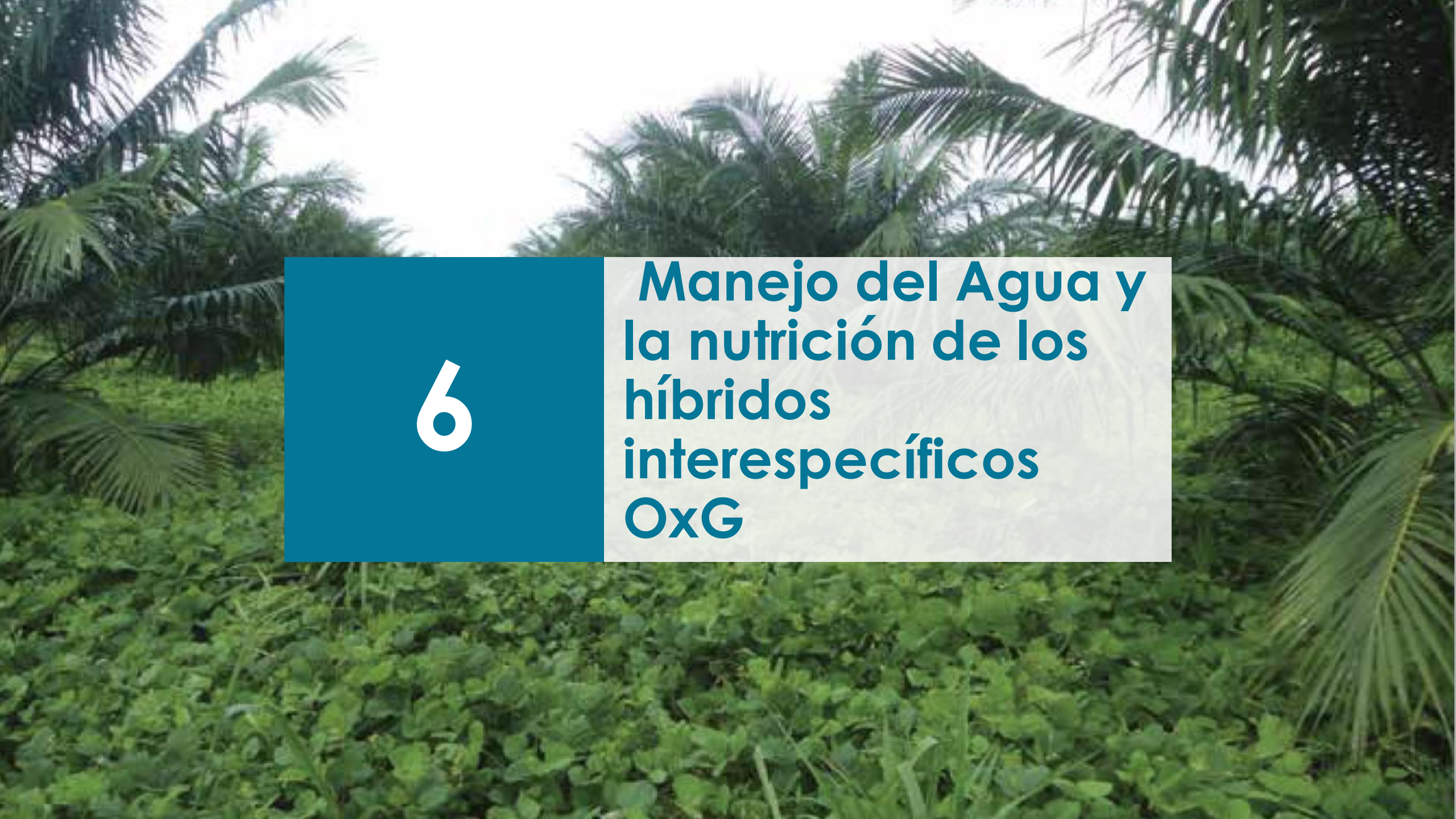
Estrategias
de manejo

Pasta: Fungicida + Insecticida + Bactericida + Agua + Coadyavante

Preguntas mentimeter

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

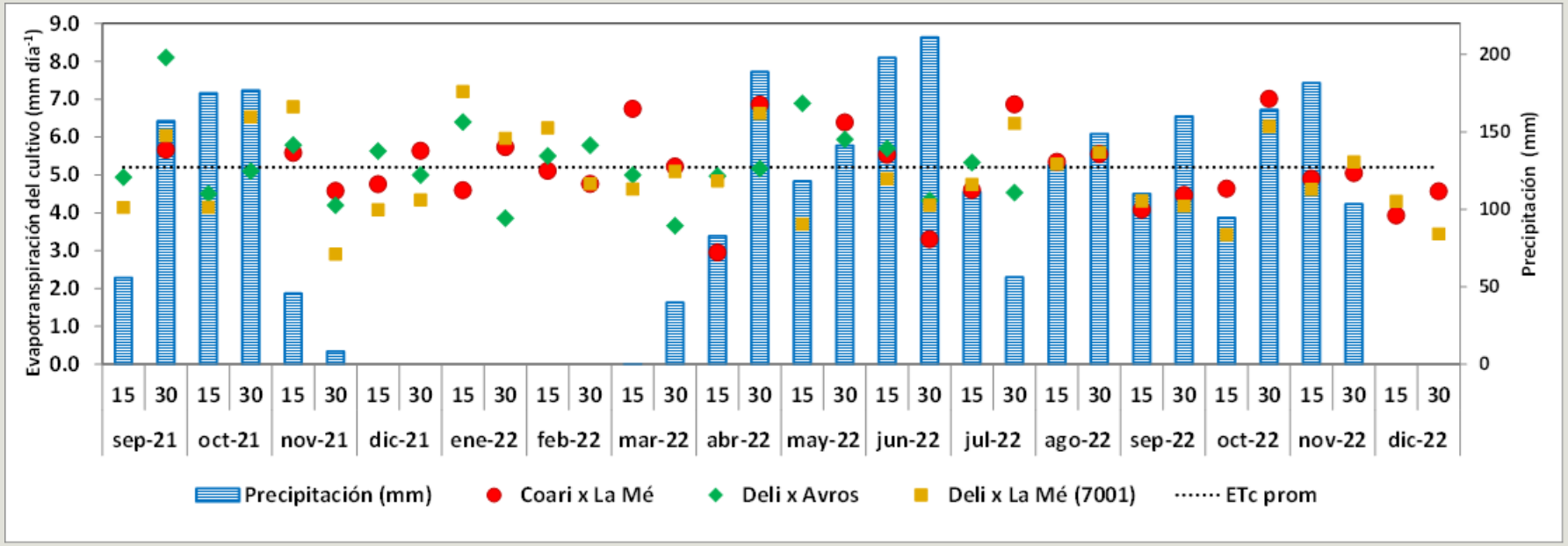
cenipalma



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 *Elaesis 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

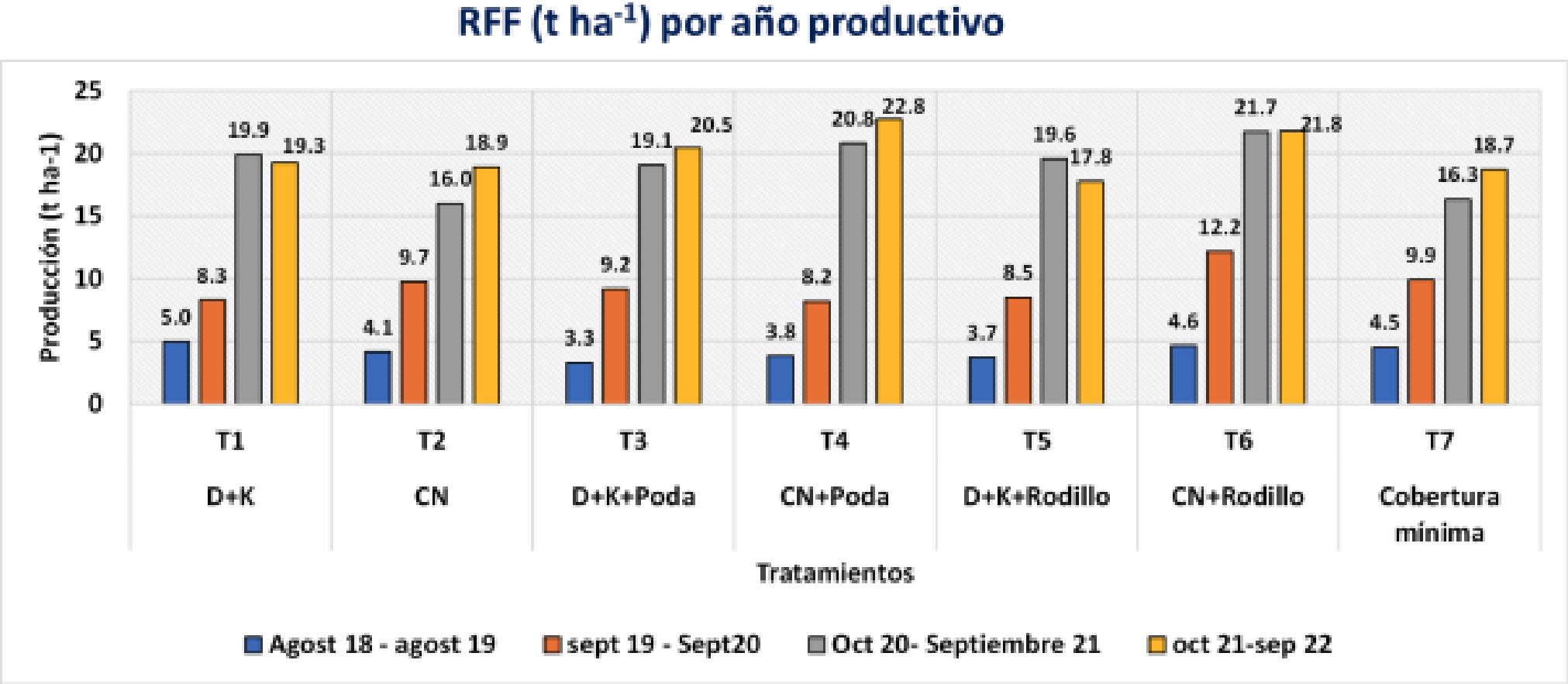
Parámetro		Dami Las Flores (Deli x AVROS)				Millenium 7001 (Deli x La Mé)				ASD Costa Rica (Deli x Ghanna)	La Cabaña (Coari x La Mé)
		3 año	4 año	5 año	6 año	3 año	4 año	5 año	6 año	10-15 años	6 año
Etc	ETc (mm/día)	4.2	5.9	6.1	5.45	4.3	5.9	5.7	5.4	5.4	5.4
Kc	ETc= Kc*ETo	**0.7**	**0.85**	**0.9**	**0.9**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

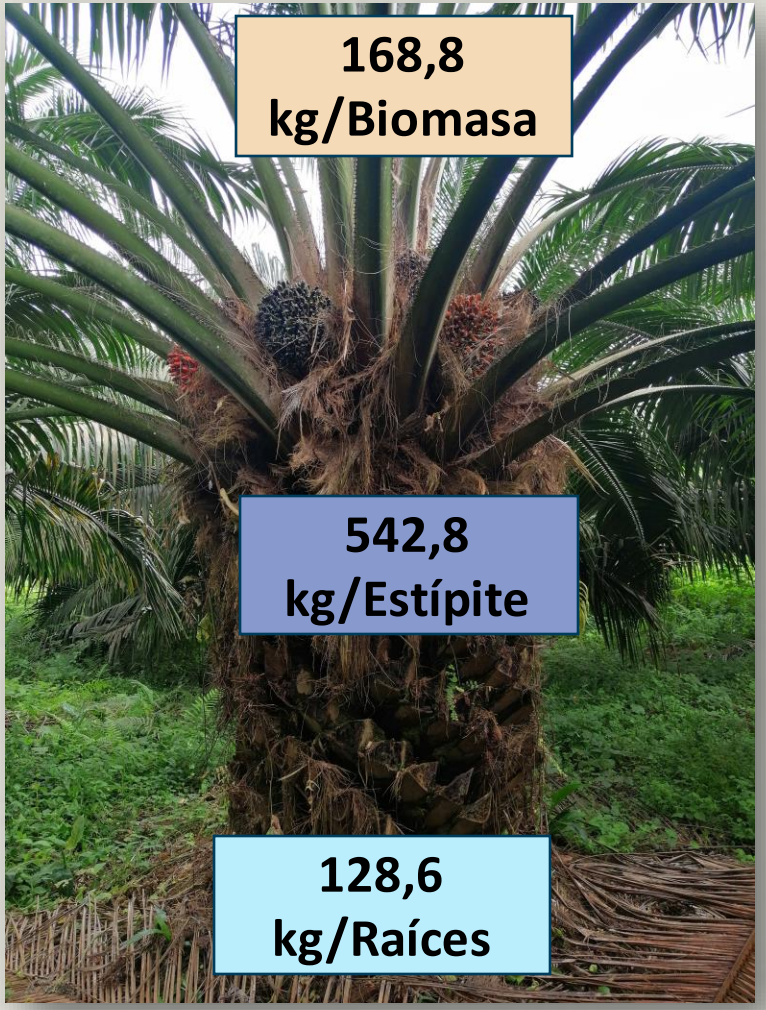
Efecto de las coberturas en la producción del híbrido interespecífico OxG Coarí x La Mé



Tto	Descripción
1	Desmodium + kudzú
2	Cobertura nativa
3	Desmodium + Kudzú, podado a 30 cm
4	Cobertura nativa podado a 30 cm
5	Desmodium + Kudzú 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*

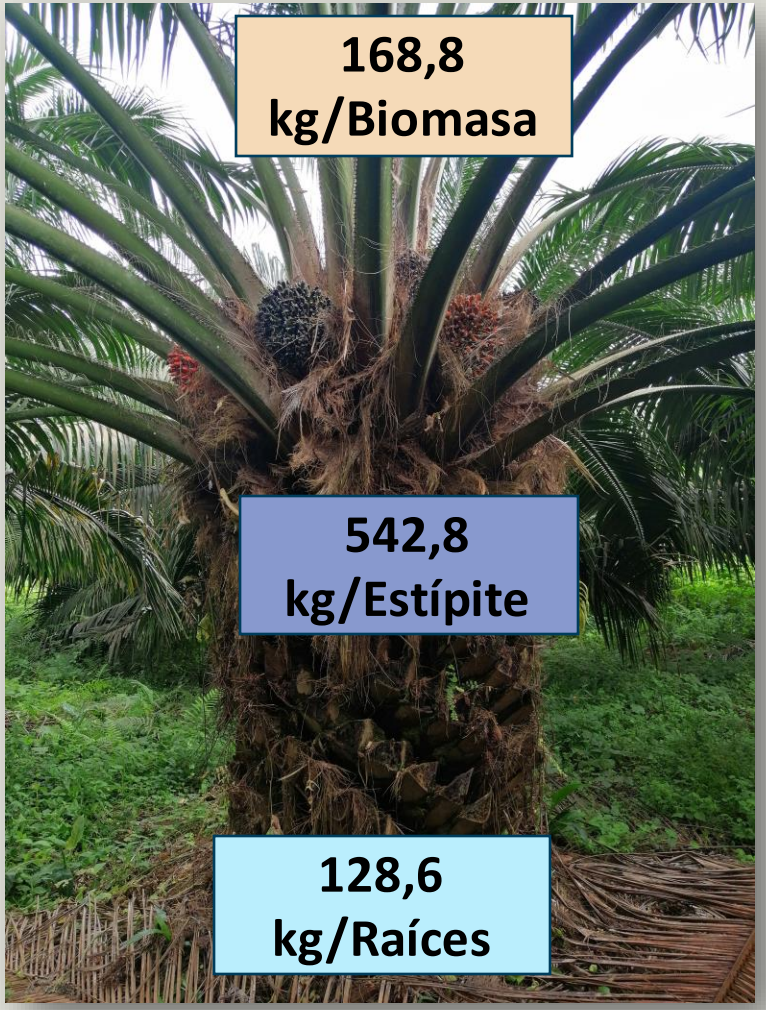
Biomasa total/ palma: 667 Kilogramos.

Biomasa total/ha: 95,38 toneladas

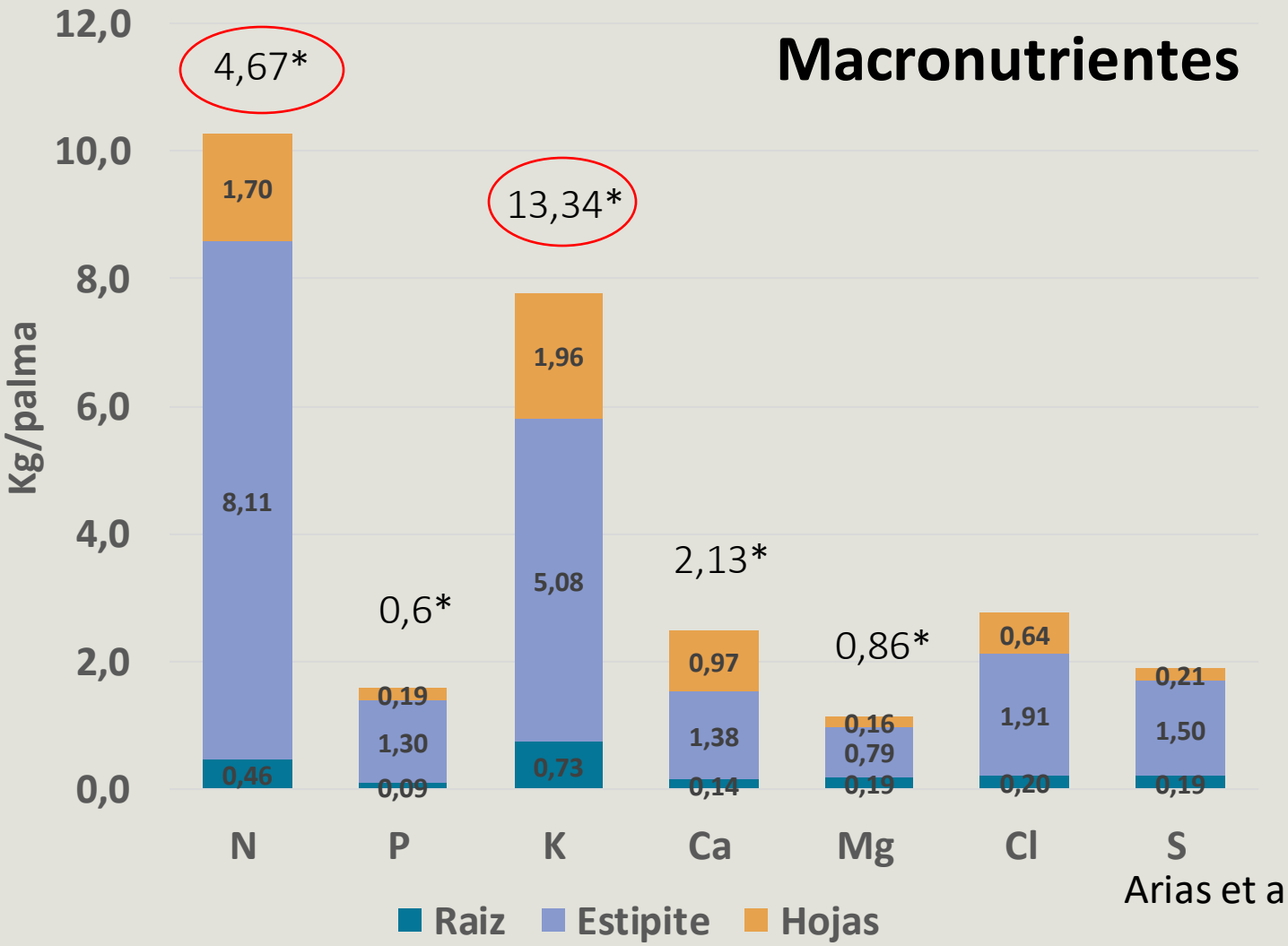
** Fuente: Cheah See Siang 1,* , Siti Aishah Abd Wahid 1 and Christopher Teh Boon Sung. 2022. Standing Biomass, Dry-Matter Production, and Nutrient Demand of Tenera Oil Palm*

cenipalma

Absorción total de nutrientes para híbridos interespecíficos OxG



Condiciones de las palmas de muestreo

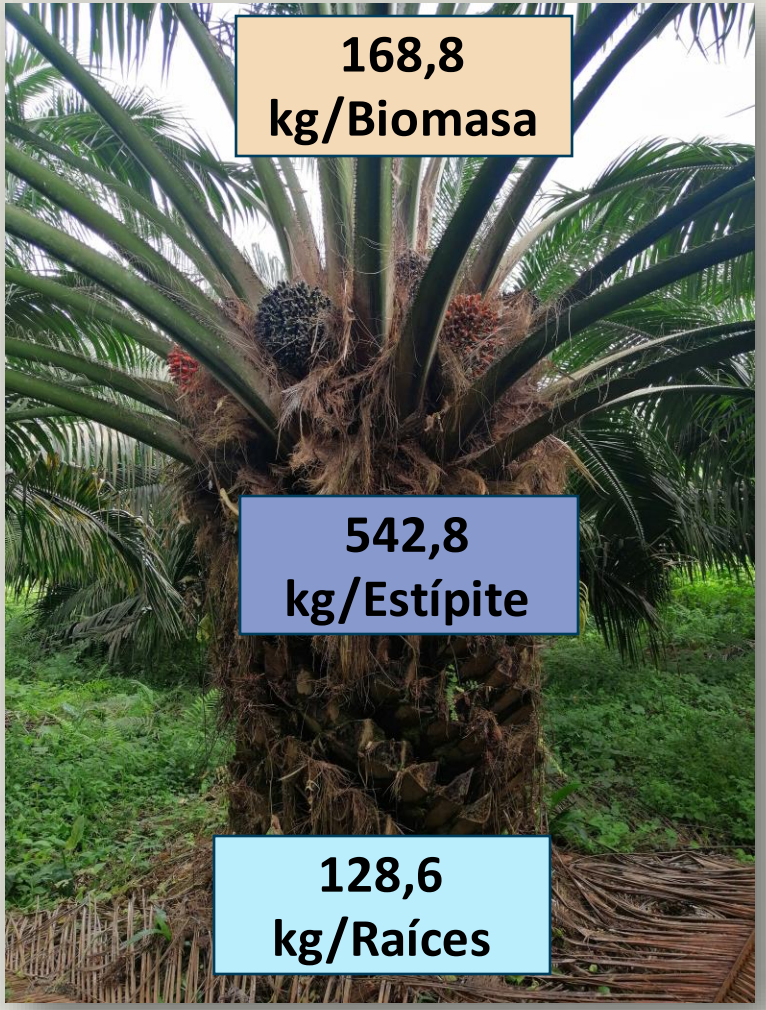


Arias et al, 2023

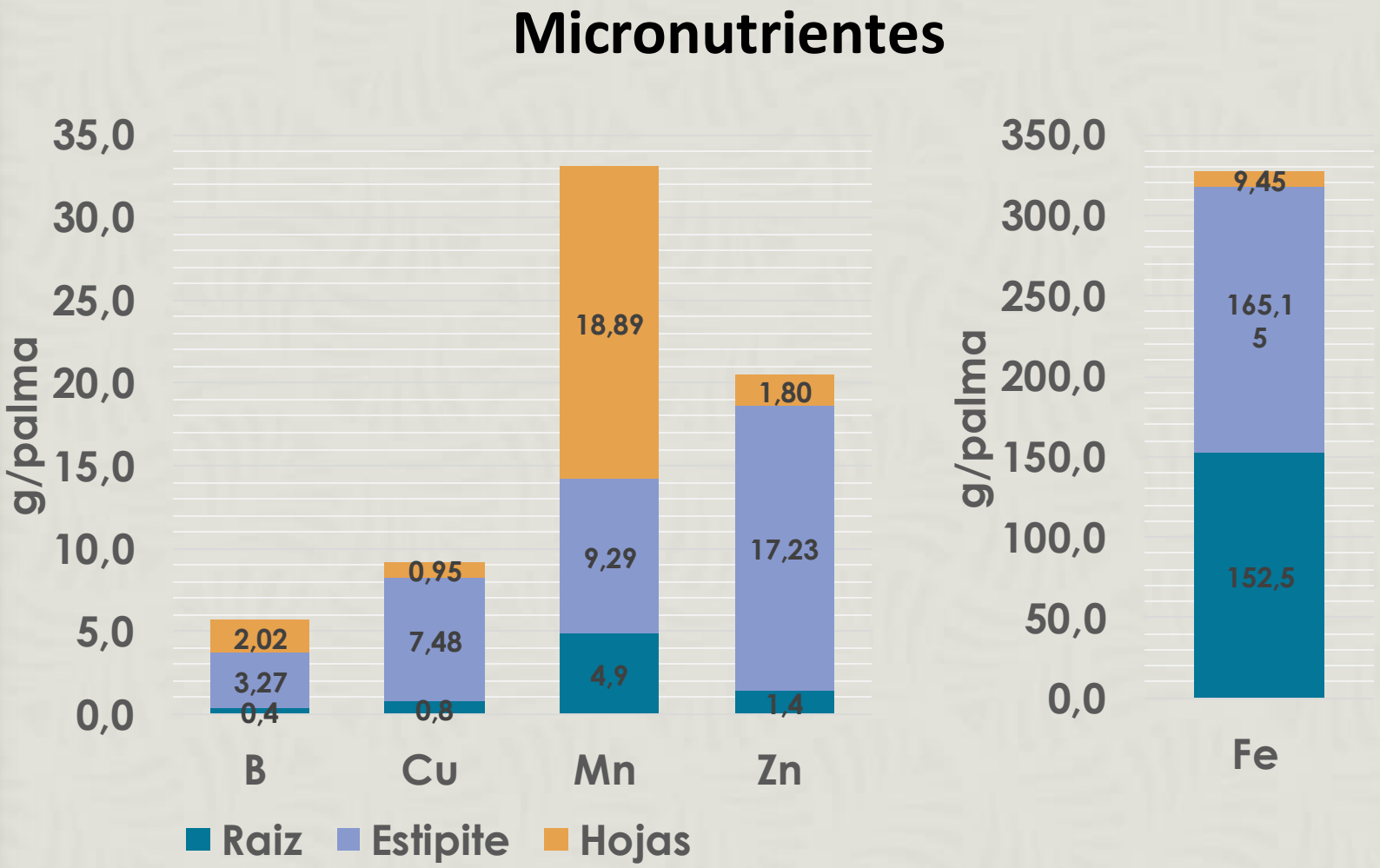
** Fuente: Cheah See Siang 1,* , Siti Aishah Abd Wahid 1 and Christopher Teh Boon Sung. 2022. Standing Biomass, Dry-Matter Production, and Nutrient Demand of Tenera Oil Palm*

cenipalma

Absorción total de nutrientes para palmas híbrido OxG



Condiciones de las palmas de muestreo



cenipalma

** 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*

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

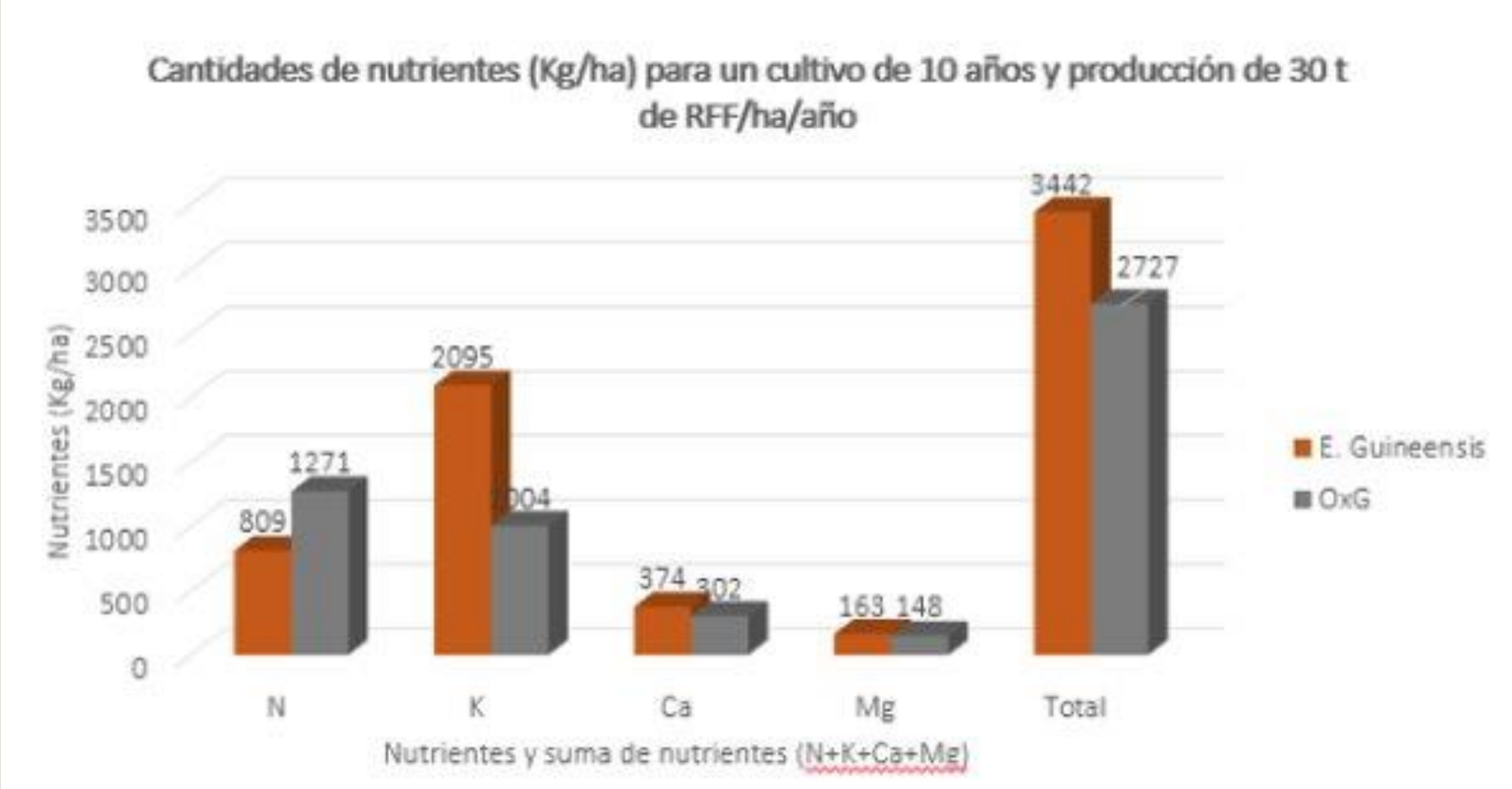
cenipalma

** 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*

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

Palma E. guineensis

Palma híbrido OxG



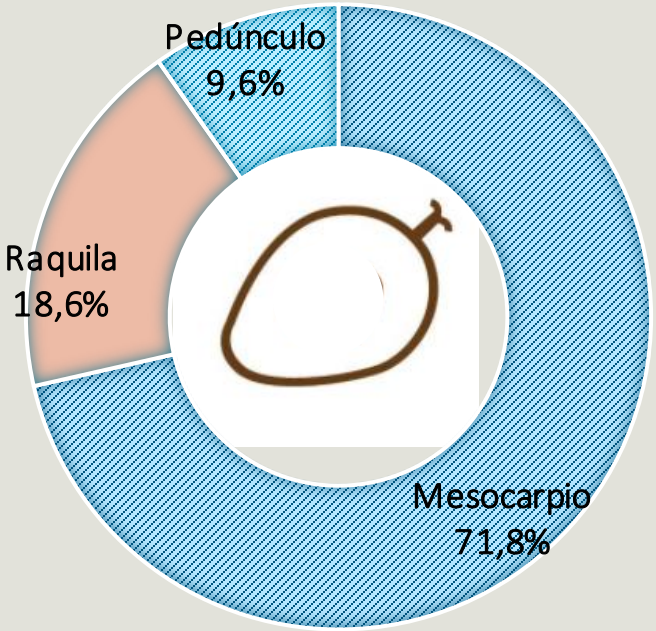
Los cultivares híbridos OxG no acumulan y extraen mayores cantidades de nutrientes con respecto a cultivares *E. Guineensis*,

** 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*

Distribución de estructuras en racimo

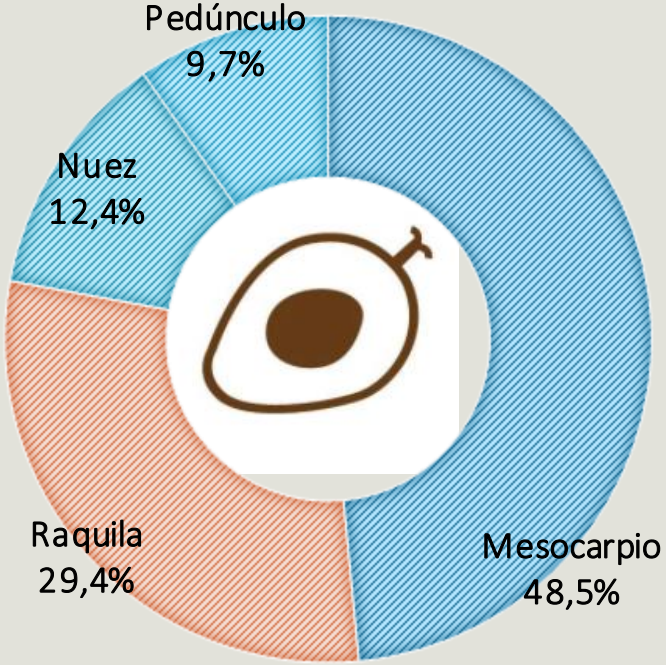
Cuantificar la extracción por cosecha bajo dos metodologías de polinización en palma hibrida OxG (Coari x La Mé y Manaos x Compacta)

Racimo con polinización artificial (ANA)



≠

Racimo con polinización asistida (Polen)

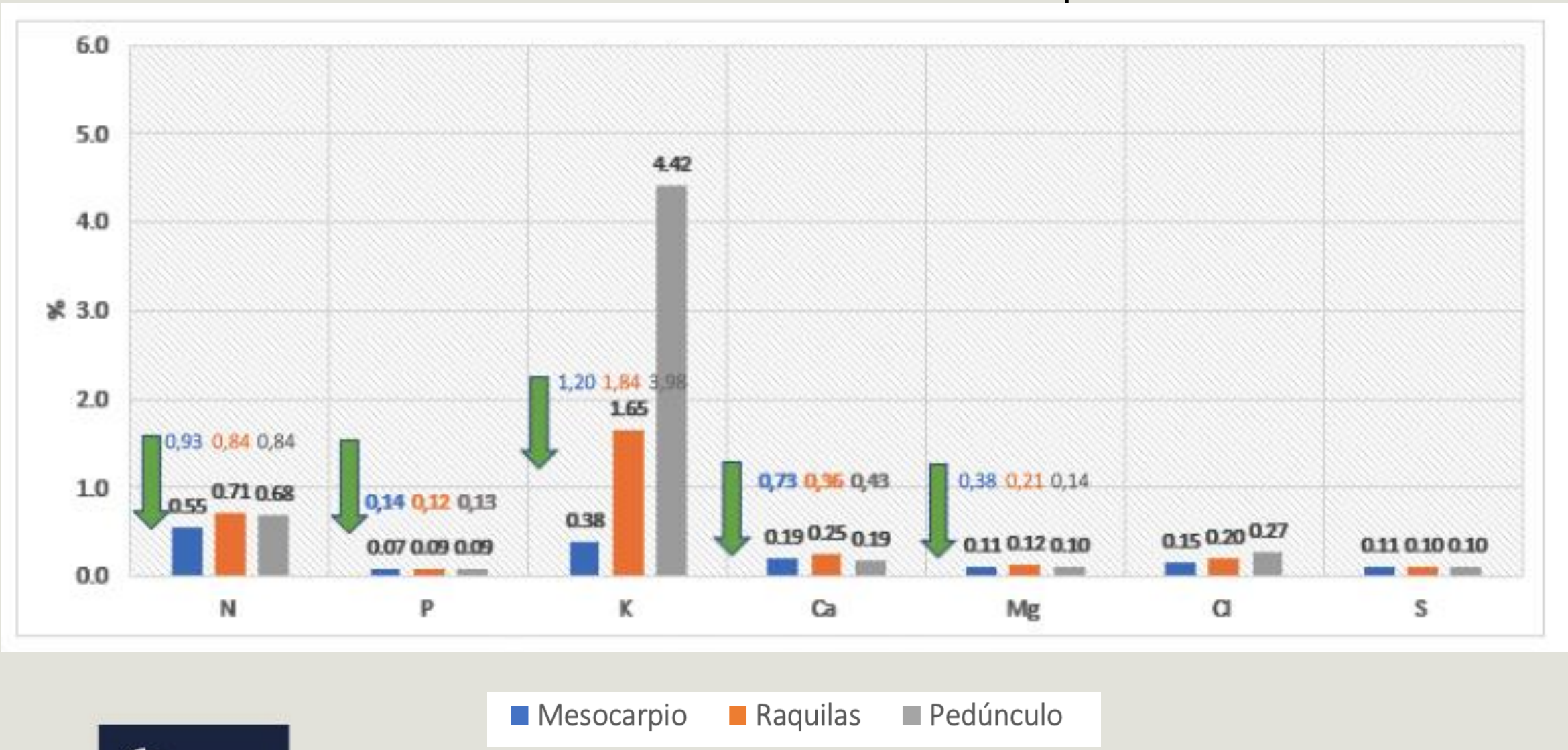


Distribución de estructuras en el racimo

Arias et al., 2023

Macronutrientes por estructura de racimos

Contenido de nutrientes en racimos de híbridos interespecíficos OxG

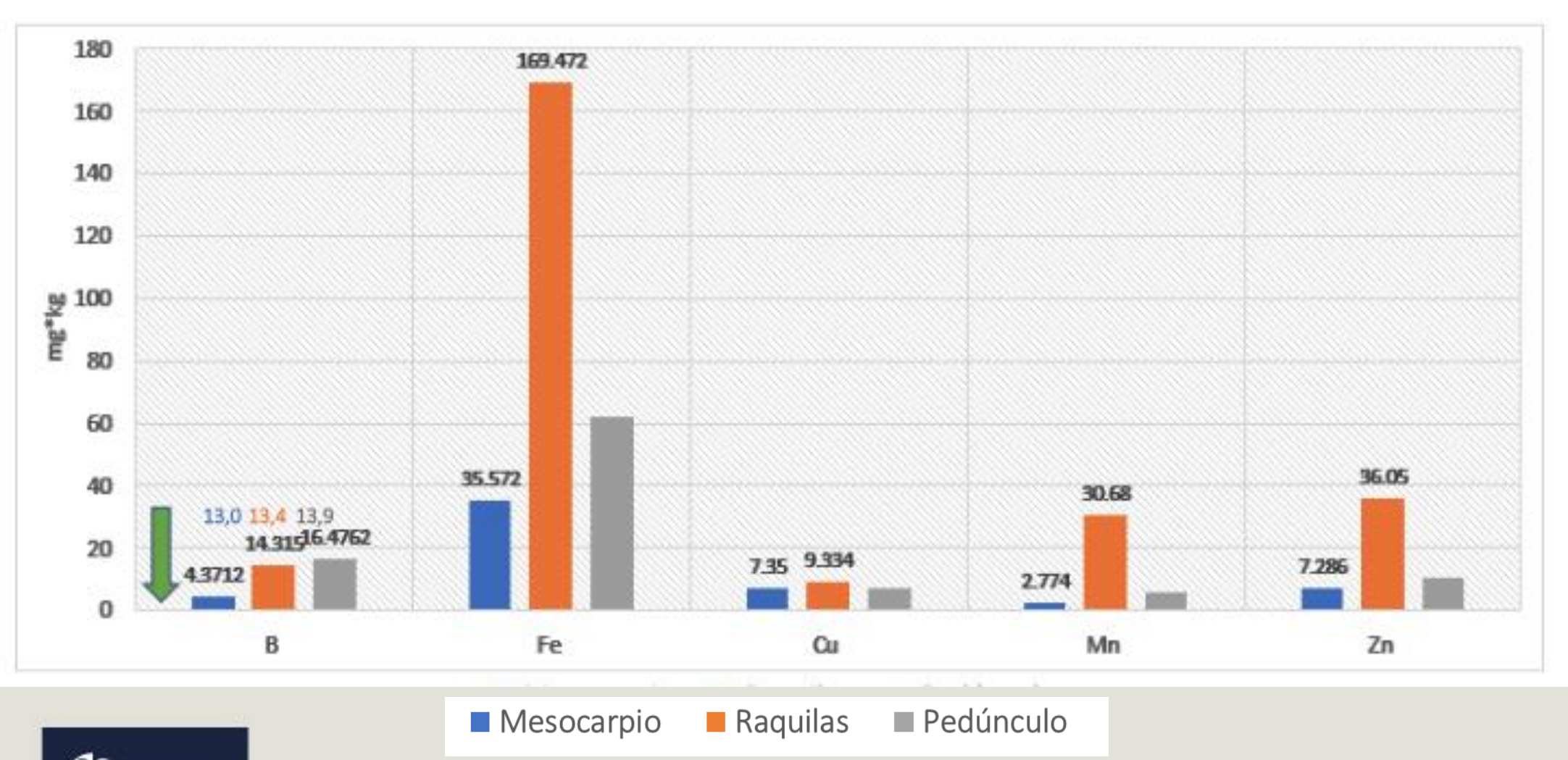


cenipalma

** 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*

Micronutrientes por estructura de racimos

Contenido de nutrientes en racimos de híbridos OxG



** 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*

cenipalma

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
E. guineensis*	**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%

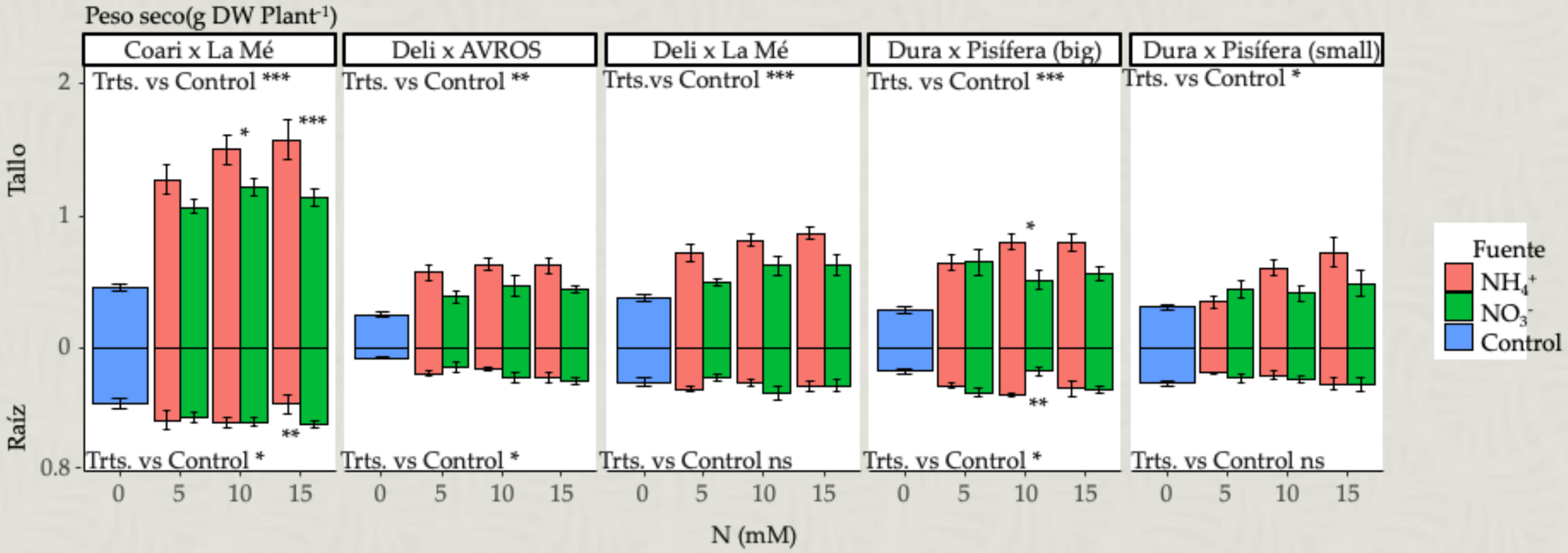
Calcio: 70%

Magnesio: 50%

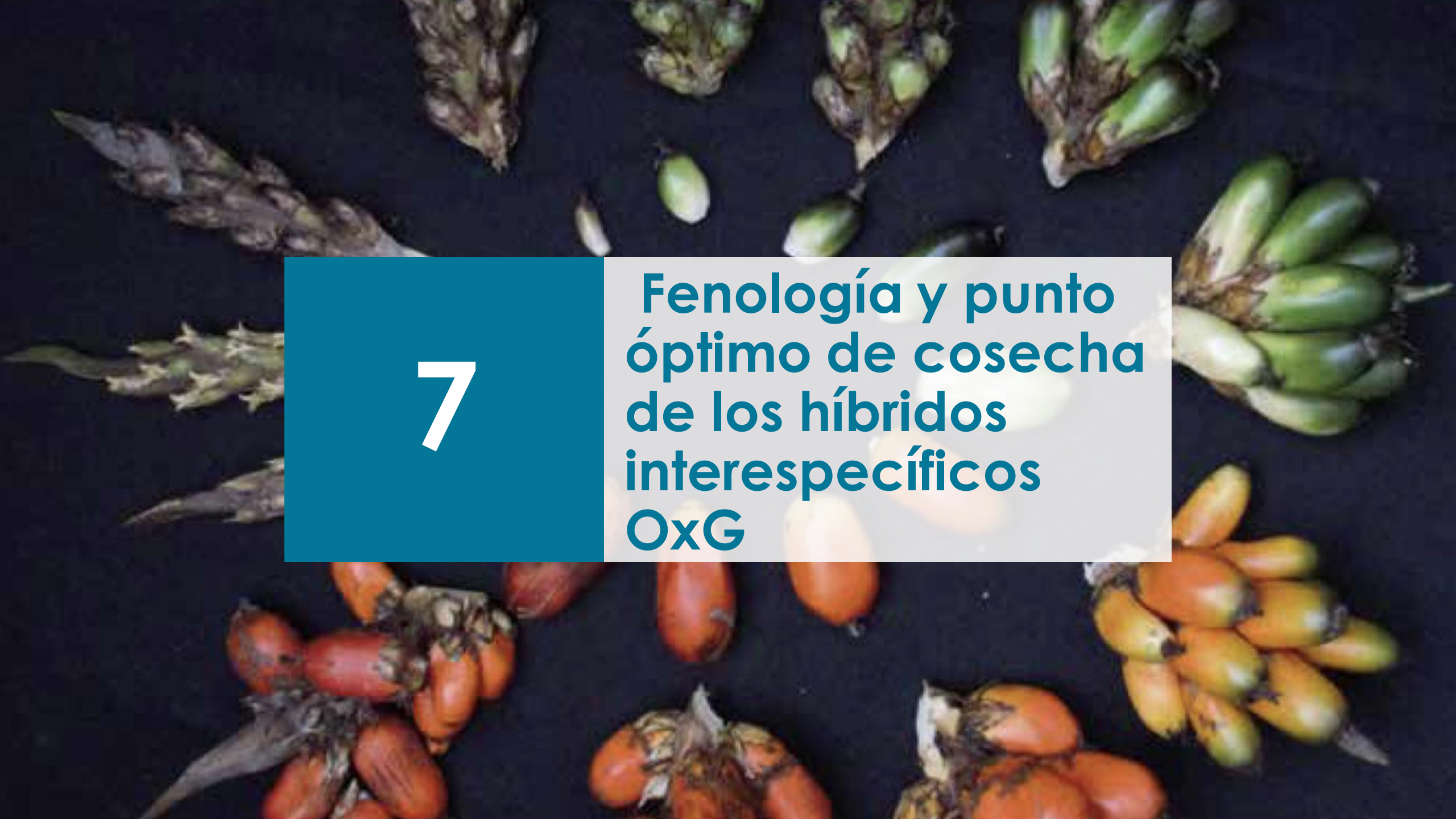
** Fuente: Cheah See Siang 1,*, Siti Aishah Abd Wahid 1 and Christopher Teh Boon Sung. 2022. Standing Biomass, Dry-Matter Production, and Nutrient Demand of Tenera Oil Palm*

cenipalma

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



De la Peña et al., 2023



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 estadíos 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

Cerete x Deli

709	800	803	805	806	807	809

cenipalma

Determinación del punto óptimo de cosecha

Estadio	Apariencia del fruto	Color externo del fruto (RGB)			Color del mesocarpio	Color del cuesco
		Apical	Central	Basal		
709		62-69-37	84-109-23	193-186-125	192-175-121	176-132-95
800		83-87-43	133-137-43	217-191-85	178-159-109	108-78-63
803		162-155-75	230-198-88	233-198-107	204-163-48	84-63-50
805		163-103-40	208-112-30	240-207-112	217-154-54	82-61-49
806		148-64-32	192-85-24	210-104-20	208-131-35	87-58-42
807		160-56-33	201-75-31	223-124-50	211-107-31	56-38-33
809		163-65-29	169-64-16	202-91-34	198-88-37	50-36-30

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

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; PMFN: peso promedio de frutos partenocárpicos; PMFN: peso promedio de frutos normales.
† Los valores corresponden al promedio ± D. E.
Tomado de Rincón *et al.*, 2013.

cenipalma

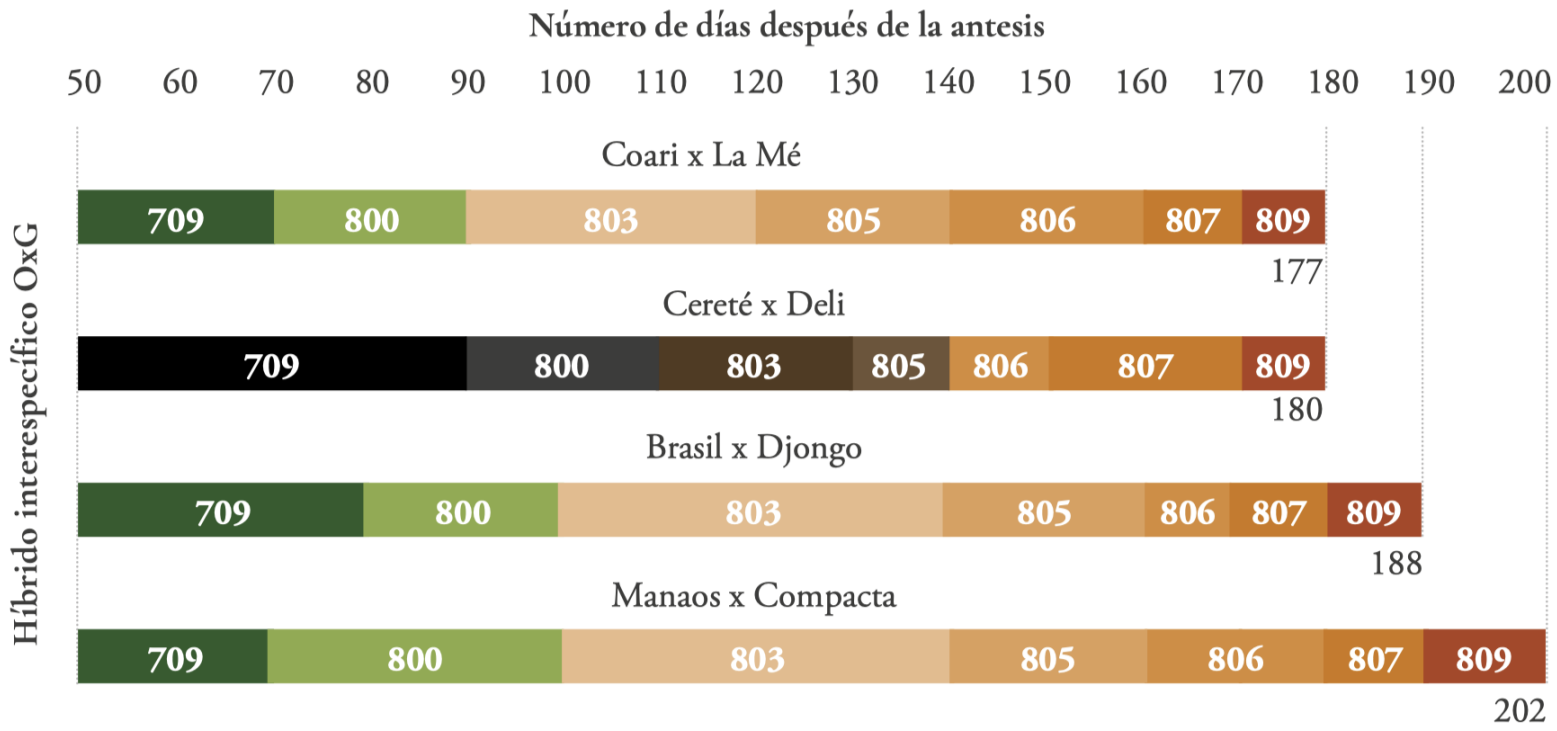


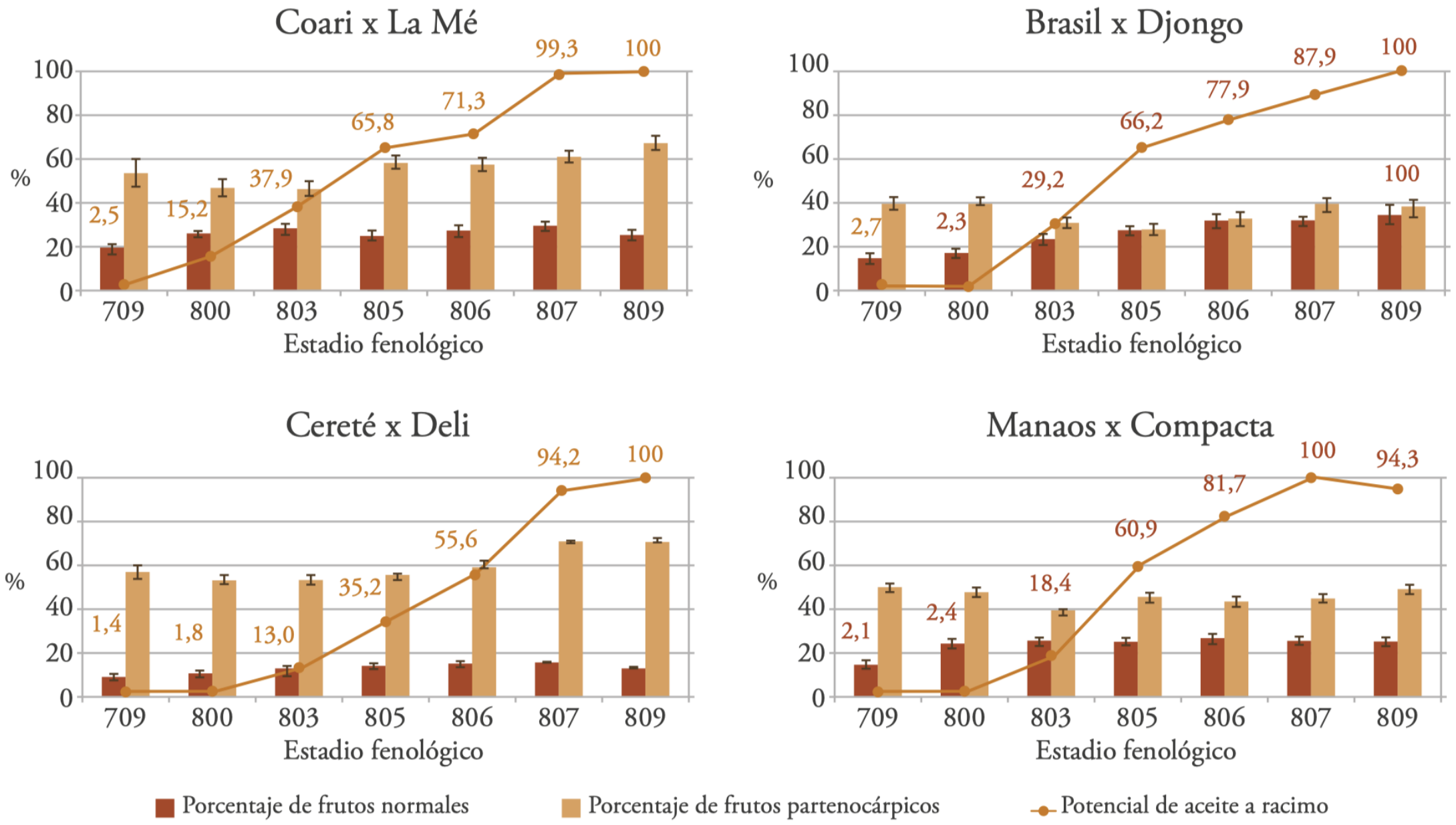
Figura 11.4. Maduración de racimos de cuatro cultivares del híhíbrido interespecífico OxG según el estadio fenológico y los días transcurridos después de la polinización.

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.

cenipalma

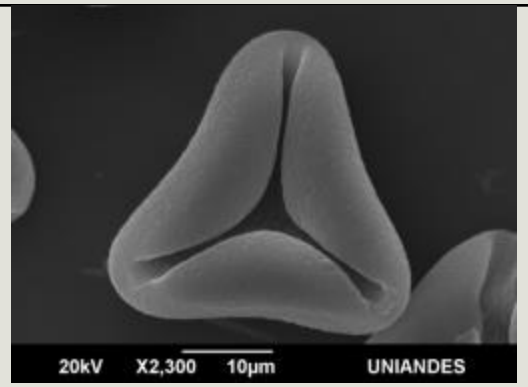
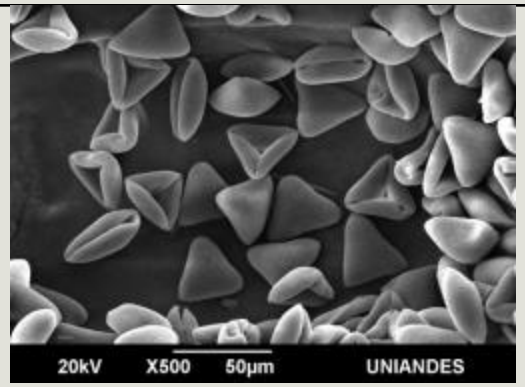
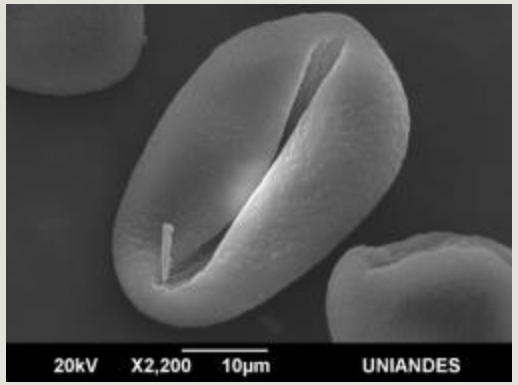
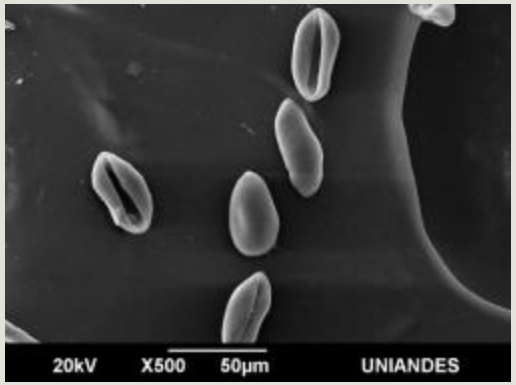
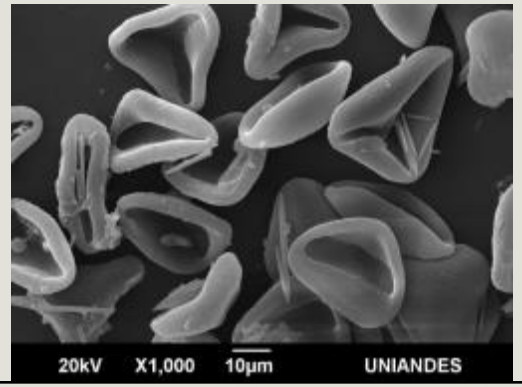
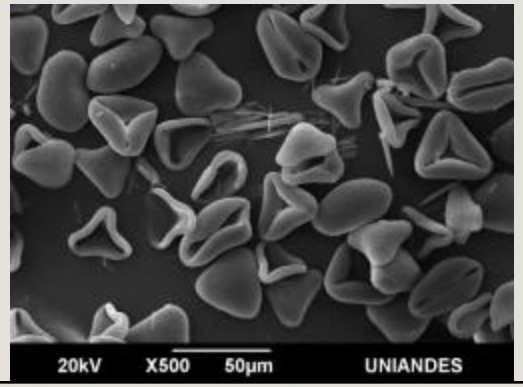
Punto óptimo de cosecha en híbridos interespecíficos OxG



8

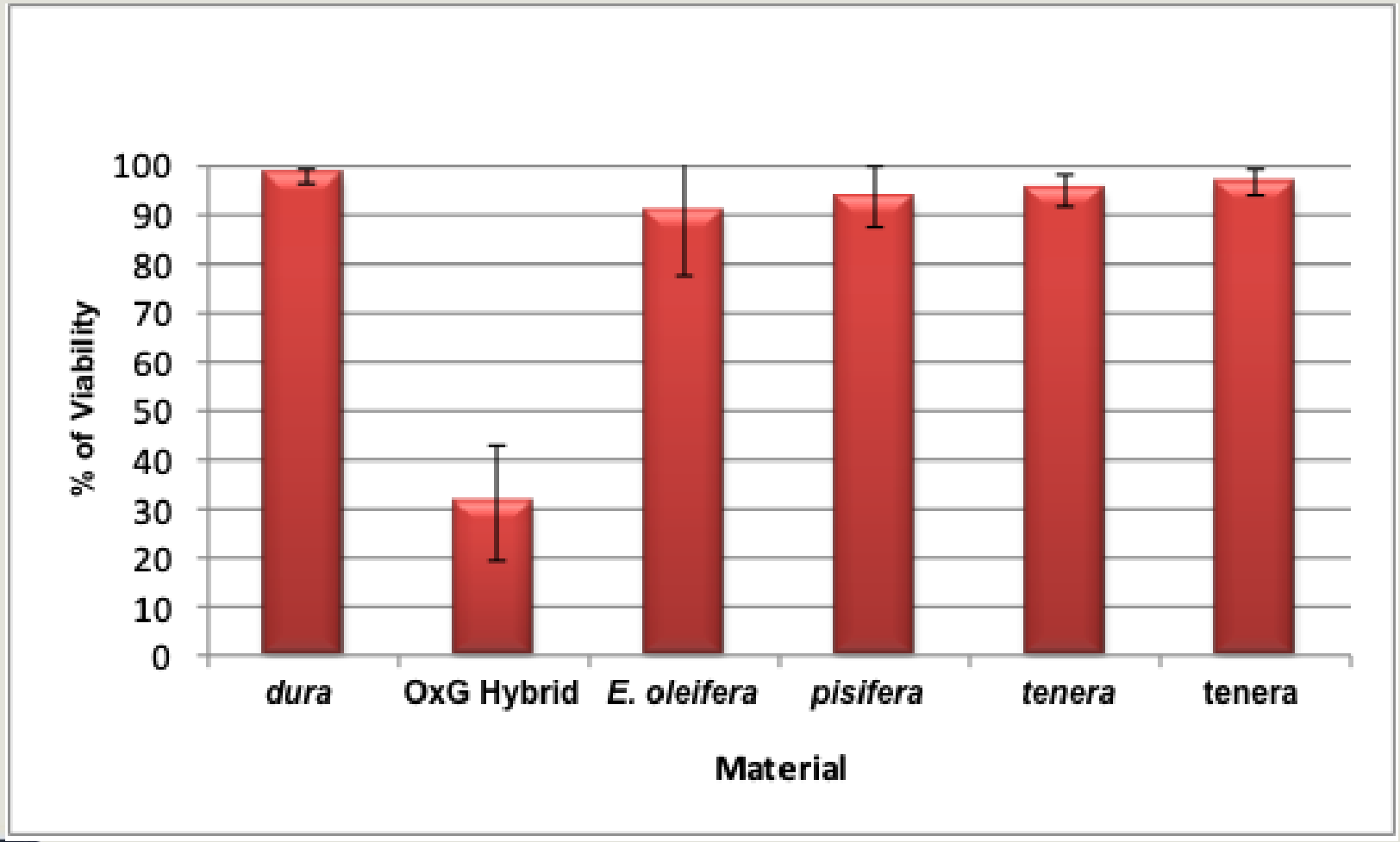
Polinización de los híbridos interespecíficos OxG y su impacto en la productividad

Morfologia del polen de palma de aceite

Elaeis guineensis* Jacq. *tenera **Forma:** Triangular redondeada **Tamaño:** Medio (37,4 ± 0,2 µm) **Apertura:** Tricotomosulcada **Ornamentación:** Rugular perforada		
***Elaeis oleífera* Cortes** **Forma:** Elipsoide **Tamaño:** Medio (41,7 ± 0,3 µm) **Apertura:** Monosulcada **Ornamentación:** Rugular perforada		
Híbridos interespecíficos OxG **Forma:** Indefinida. Δ,O, ΔxO. **Tamaño:** Medium (36.3 ± 0.3 µm) **Apertura:** Indefinida **Ornamentación:** Perforada		

cenipalma

Viabilidad del polen



cenipalma

La polinización asistida es obligatoria

OxG (Coari x La Mé) sin polinización asistida

cenipalma

Una solución con algunos inconvenientes…

cenipalma

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

Partenocarpia en los híbridos interespecíficos OxG

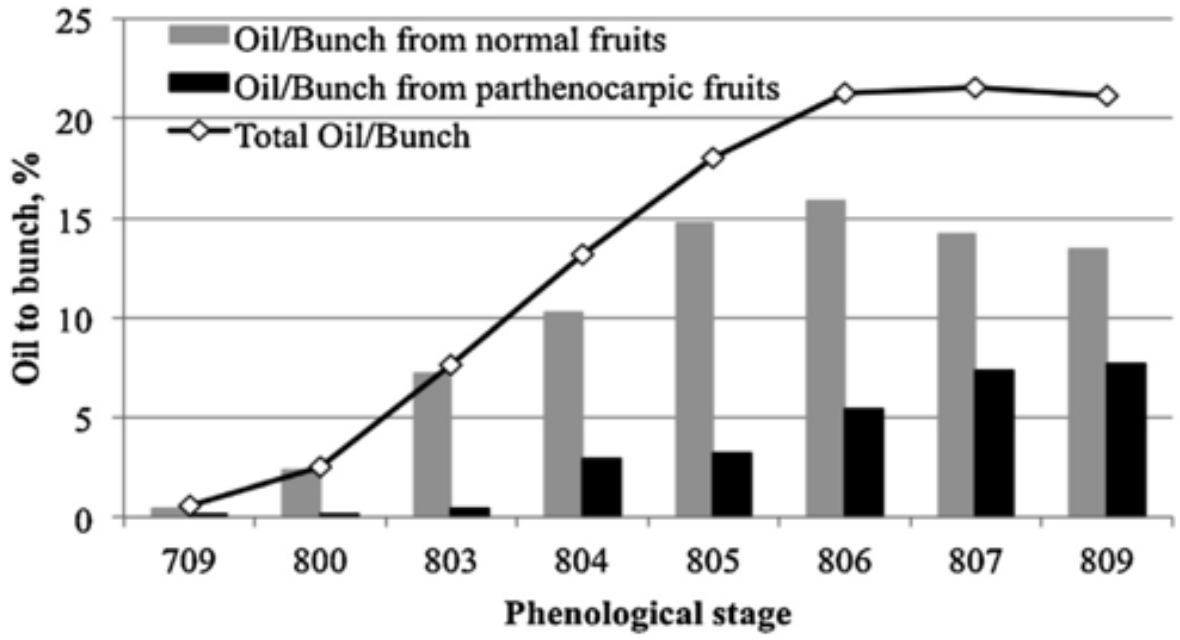


Fig. 4. Changes in oil to bunch concentration from normal and parthenocarpic fruits according to the phenological stage.

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

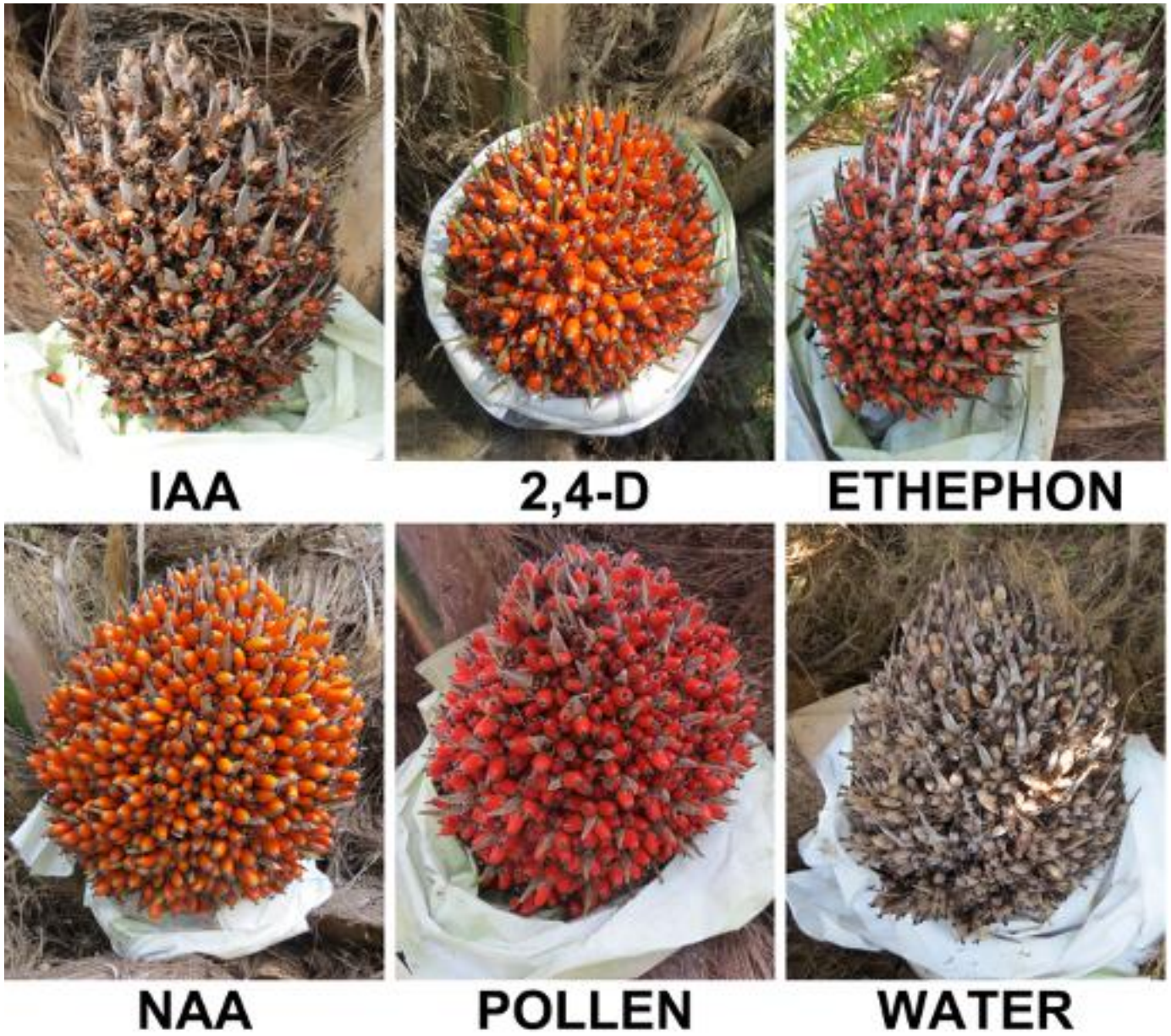
Rincón *et al.*, 2013. Use of phenological stages of the fruits and physicochemical characteristics of the oil to determine the optimal harvest time of oil palm interspecific OxG hybrid fruits. Industrial Crops and Products 49, 204–210

cenipalma

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

cenipalma

Utilización de reguladores de crecimiento



Ácido naftalenacético
ANA

→

RFF

PMR x NR

X

→

Peso medio del racimo-
(PMR)

Número de Racimos (NR)

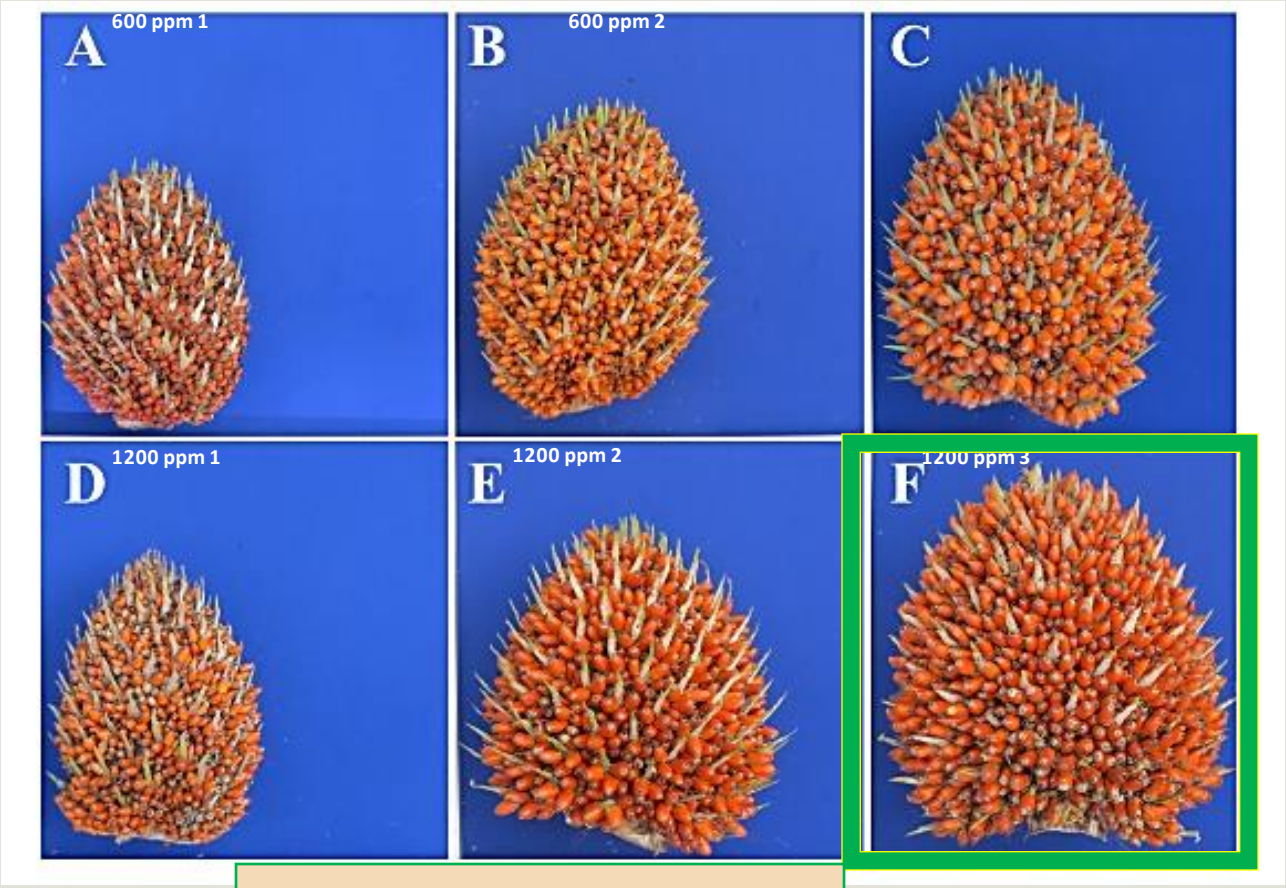
El ANA permite la recuperación de racimos NO polinizados o mal polinizados

agronomy MDPI

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

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

Tratamiento	Concentración ppm (mg L⁻¹)	Momento de aplicación				Número de aplicaciones	Peso de racimo (kg)			Variación ANA *vs.* polen (%)
		Preantesis 3 (EF 603)	Antesis (EF 607)	Posantesis 7 días (EF 609)	Posantesis 14 días (EF 703)		$\dot{x}$		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.

agronomy MDPI

Article

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

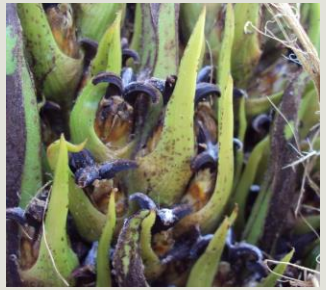
Hernán Mauricio Romero [1,2,*], Edison Daza [1], Iván Ayala-Díaz [1] and Rodrigo Ruiz-Romero [1]

Punto de partida para las aplicaciones de ANA en polvo

agronomy MDPI

Article

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

cenipalma

Polinización – Producción de semillas

Polinización Industrial

ANA

Ninguna aplicación

Agua

Aplicación inadecuada de ANA

cenipalma

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

cenipalma

Cobertura de la aplicación según bomba y volumen

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

cenipalma

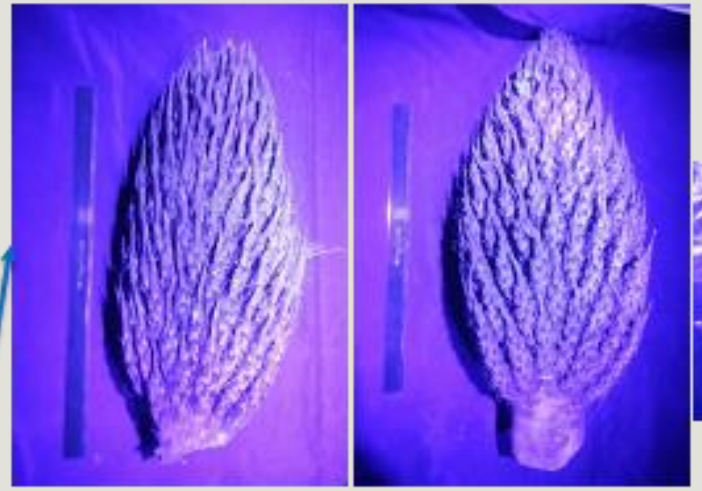
Cobertura de la aplicación según bomba y volumen

4. Corte de la inflorescencia

5. Determinación de la cobertura

Luz blanca

Luz negra o UV

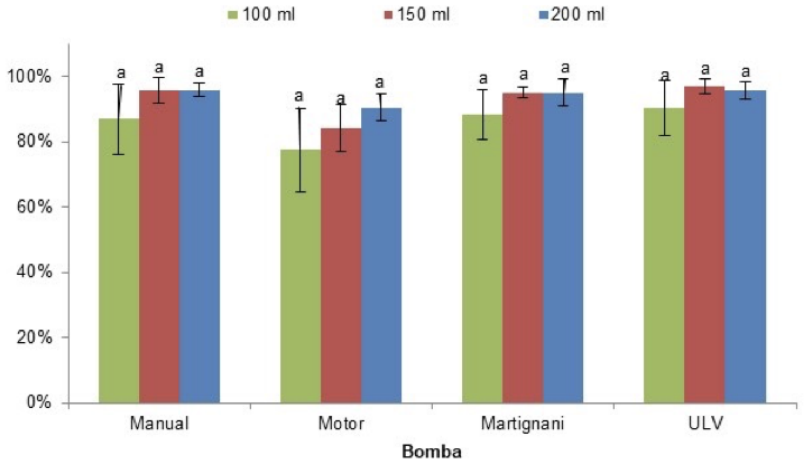


Sin aplicación: No autofloresce

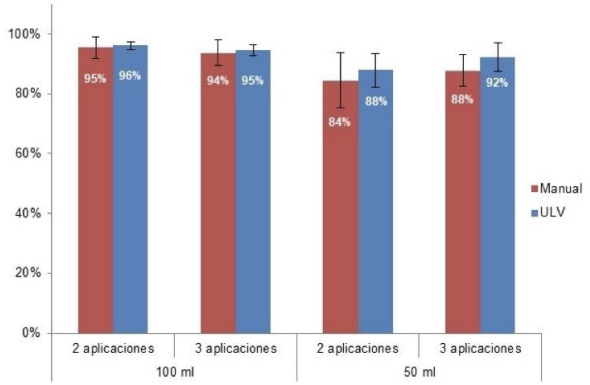
Aplicación de solución fluorescente

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

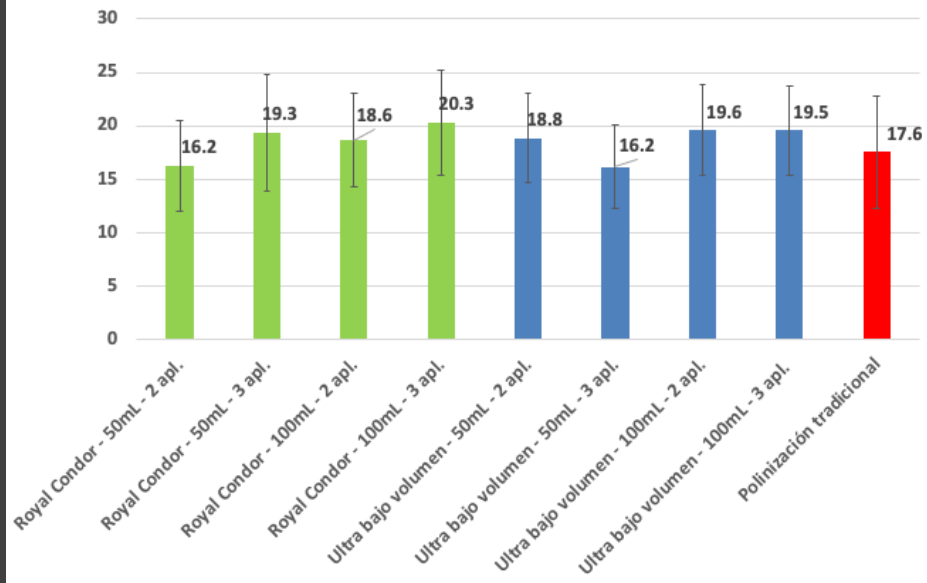
Una aplicación



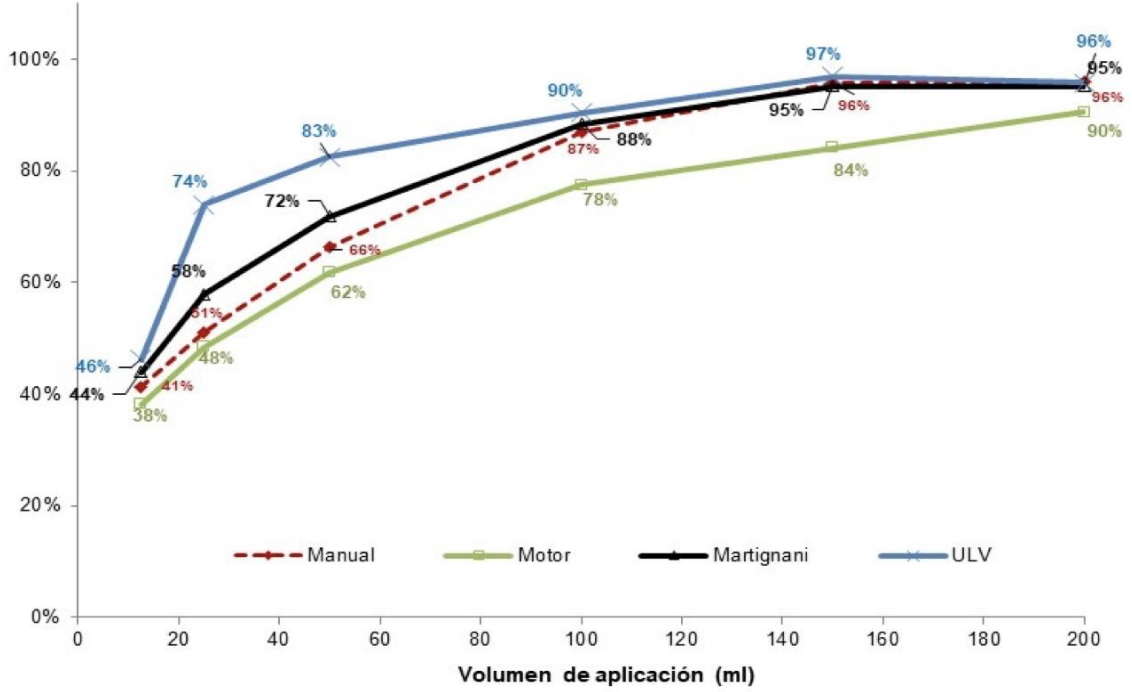
Múltiples aplicaciones



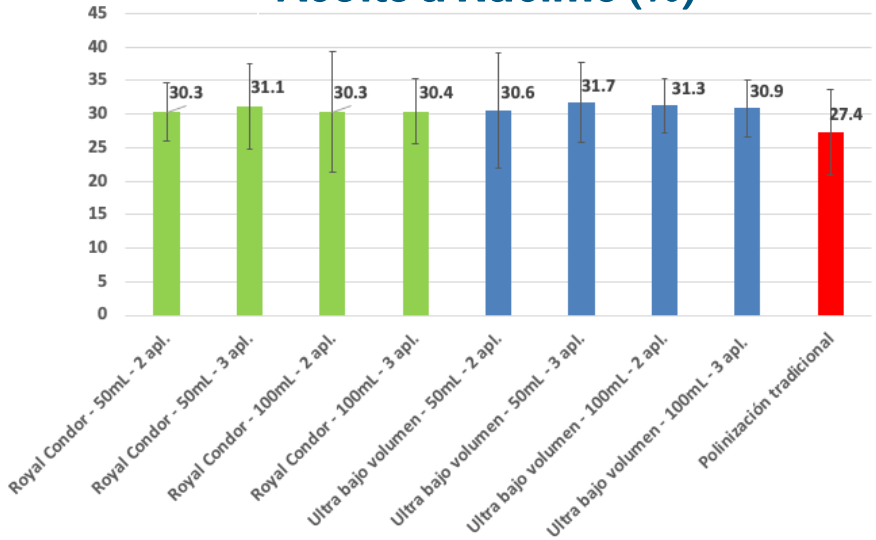
Peso Medio de Racimo (kg)



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

cenipalma

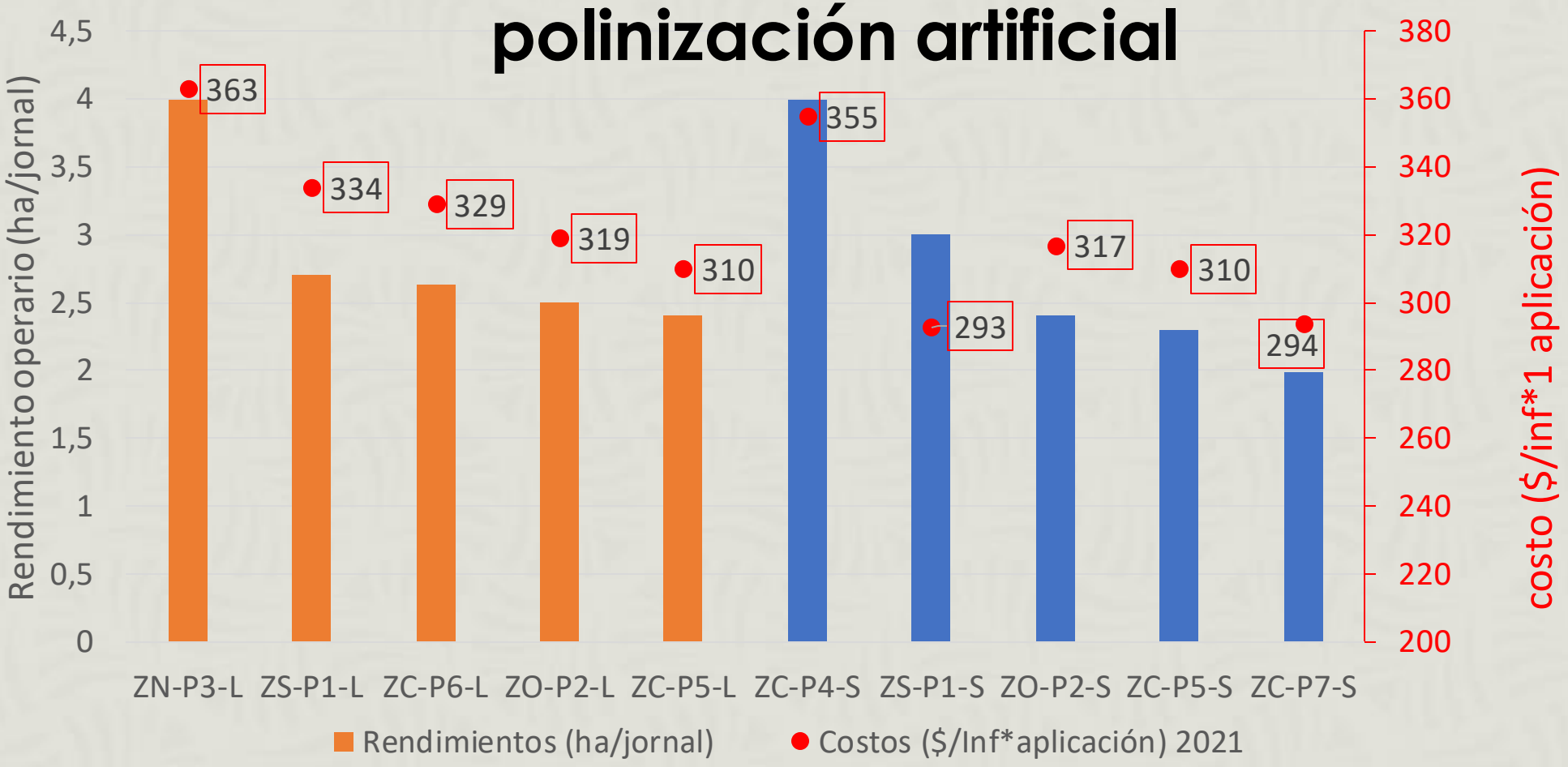
Fruit set y potencial de aceite

Zona palmera	ZS		ZO		ZC	
Plantación	P1		P2		P5	
Presentación	Liquido	Sólido	Liquido	Sólido	Liquido	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

cenipalma

Rendimiento y costo unitario de la labor de polinización artificial

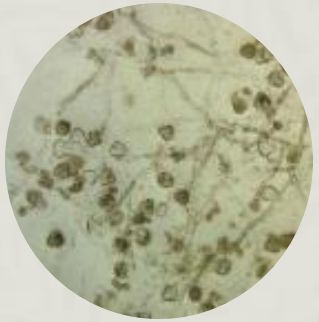


Mosquera et al., 2023

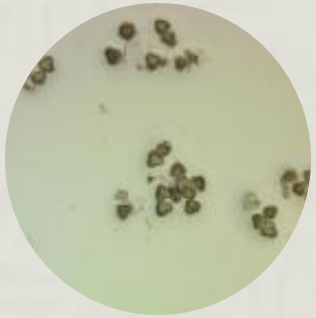
cenipalma

¿Mezcla ANA + polen?

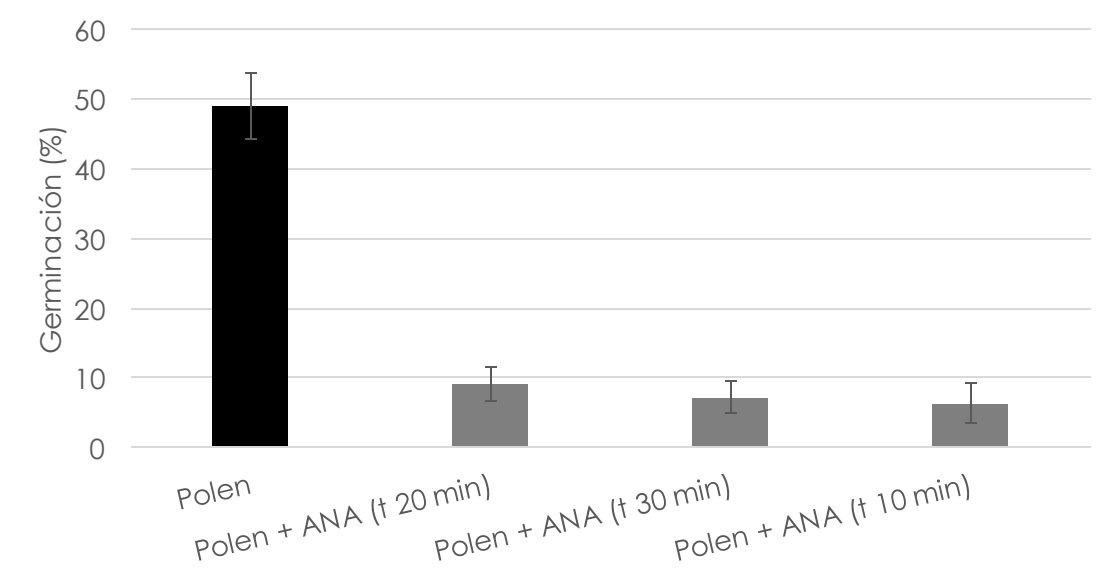
Mezcla Polinizador artificial 98% y Polen



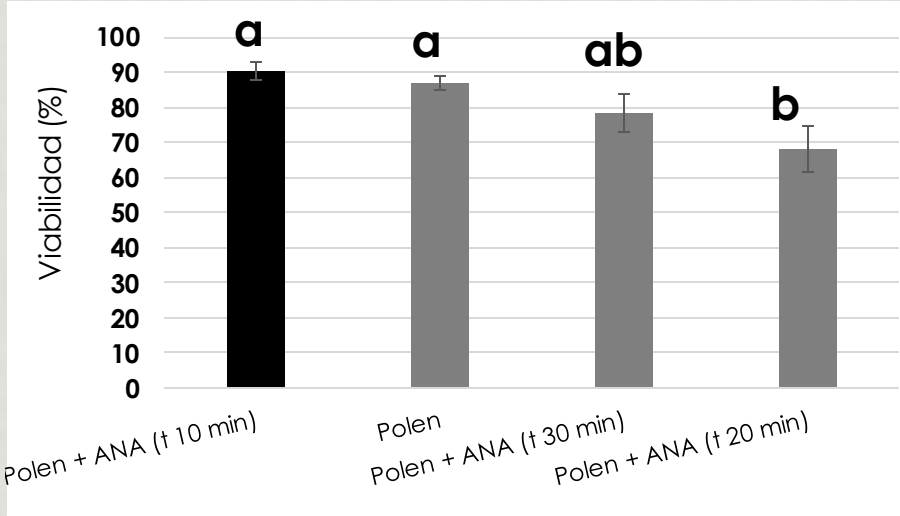
Sin ANA



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.



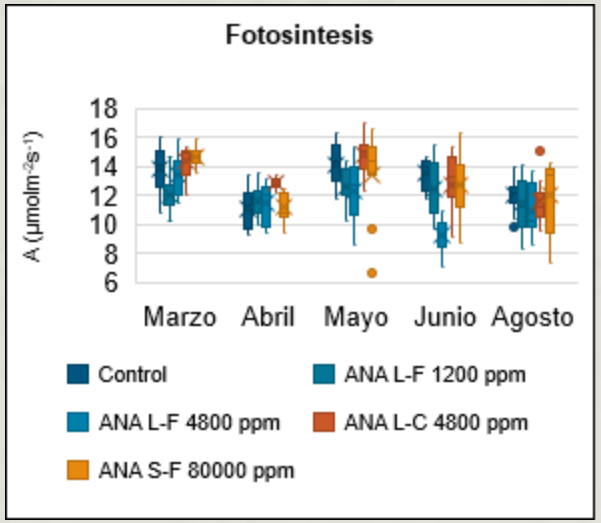
Fuente: Ruiz et al., 2020

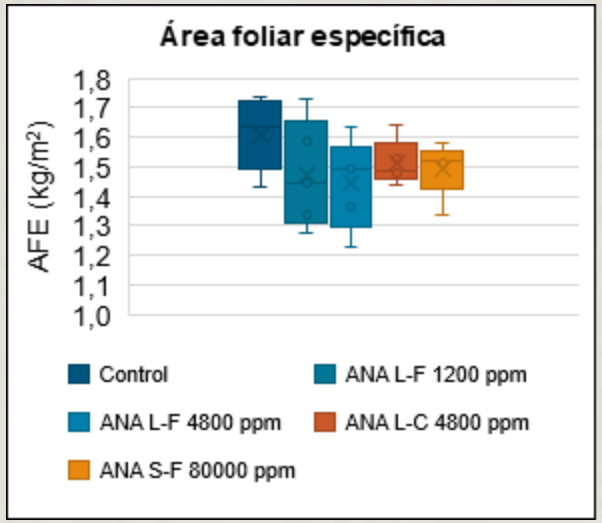
cenipalma

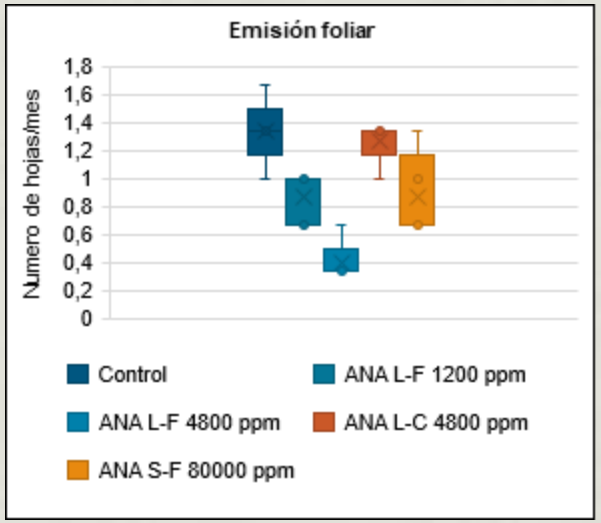
Efecto de ANA en altas concentraciones sobre híbrido OxG

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

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

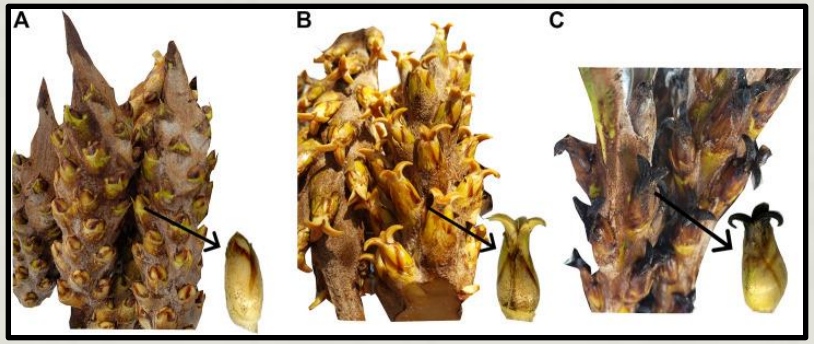




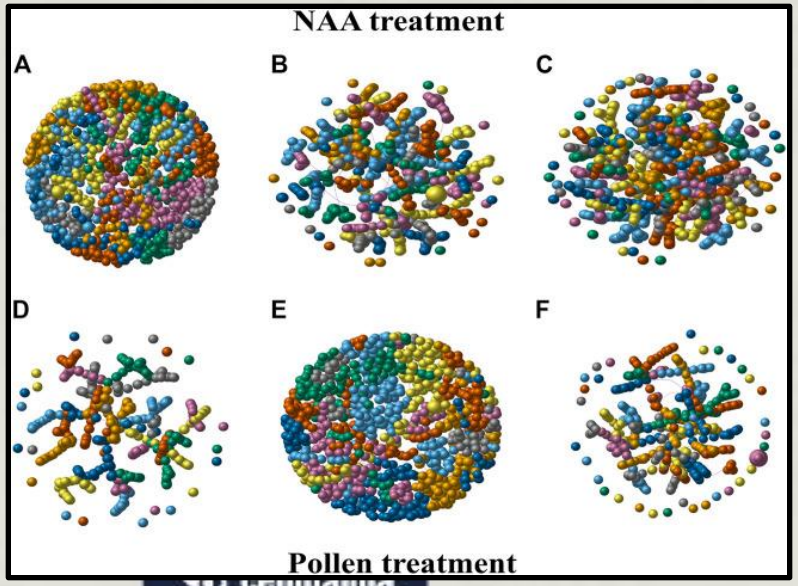


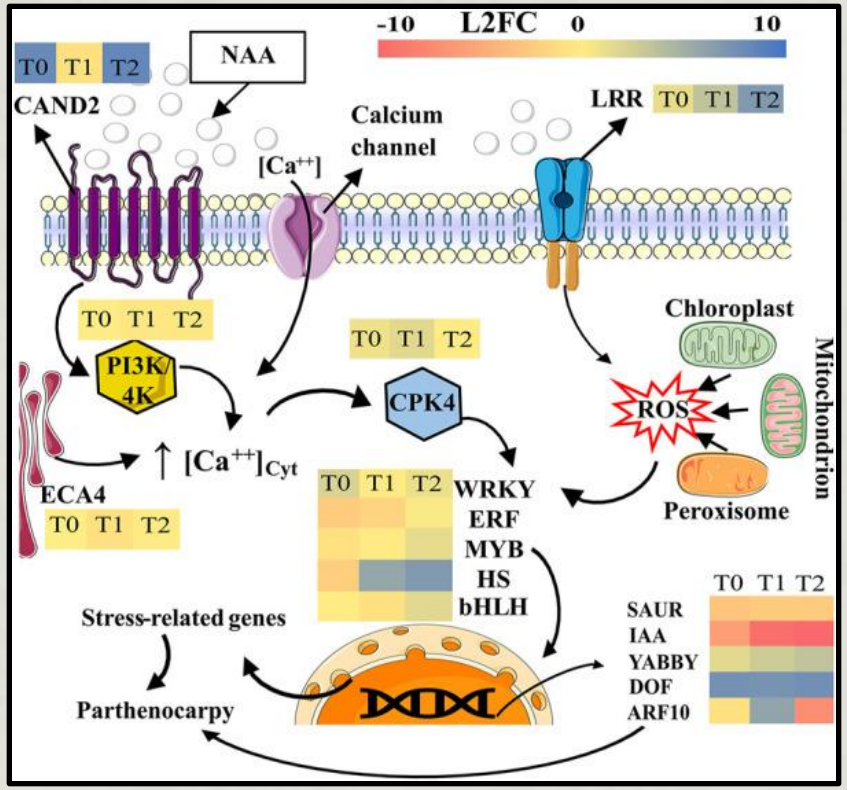
Aplicaciones de ANA foliar genera a mediano plazo disminución de la fotosíntesis, área foliar y emisión foliar

Genes involucrados en la partenocarpia inducida con ANA



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





frontiers | Frontiers in Genetics
TYPE Original Research
PUBLISHED 20 March 2023
DOI 10.3389/fgene.2023.1099489

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

Carmenza Montoya[1†], Fernan Santiago Mejia-Alvarado[1†], David Botero-Rozo[1], Ivan Mauricio Ayala-Diaz[1] and Hernan Mauricio Romero[1,2*]

- **La identificación de genes involucrados en la partenocárpia permitirá mejorar las practicas desarrolladas, y, en un futur0, desarrollar nuevos cultivares mediante MAS o edición genética.**

9

Hacia el procesamiento de los híbridos interespecíficos OxG

Plantas que procesan RFF híbrido en Colombia

	#	t RFF/hora
NORTE	2	81
CENTRAL	8	204
ORIENTAL	17	592
SUR OCCIDENTAL	5	111

Fuente: IBT Unidad de Validación

988 t RFF/hora

45%

32 PB

cenipalma

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**

cenipalma

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%

cenipalma

Aditivos para el prensado

Utilización de Piedras

Semillas de Tagua

Esferas de madera

cenipalma

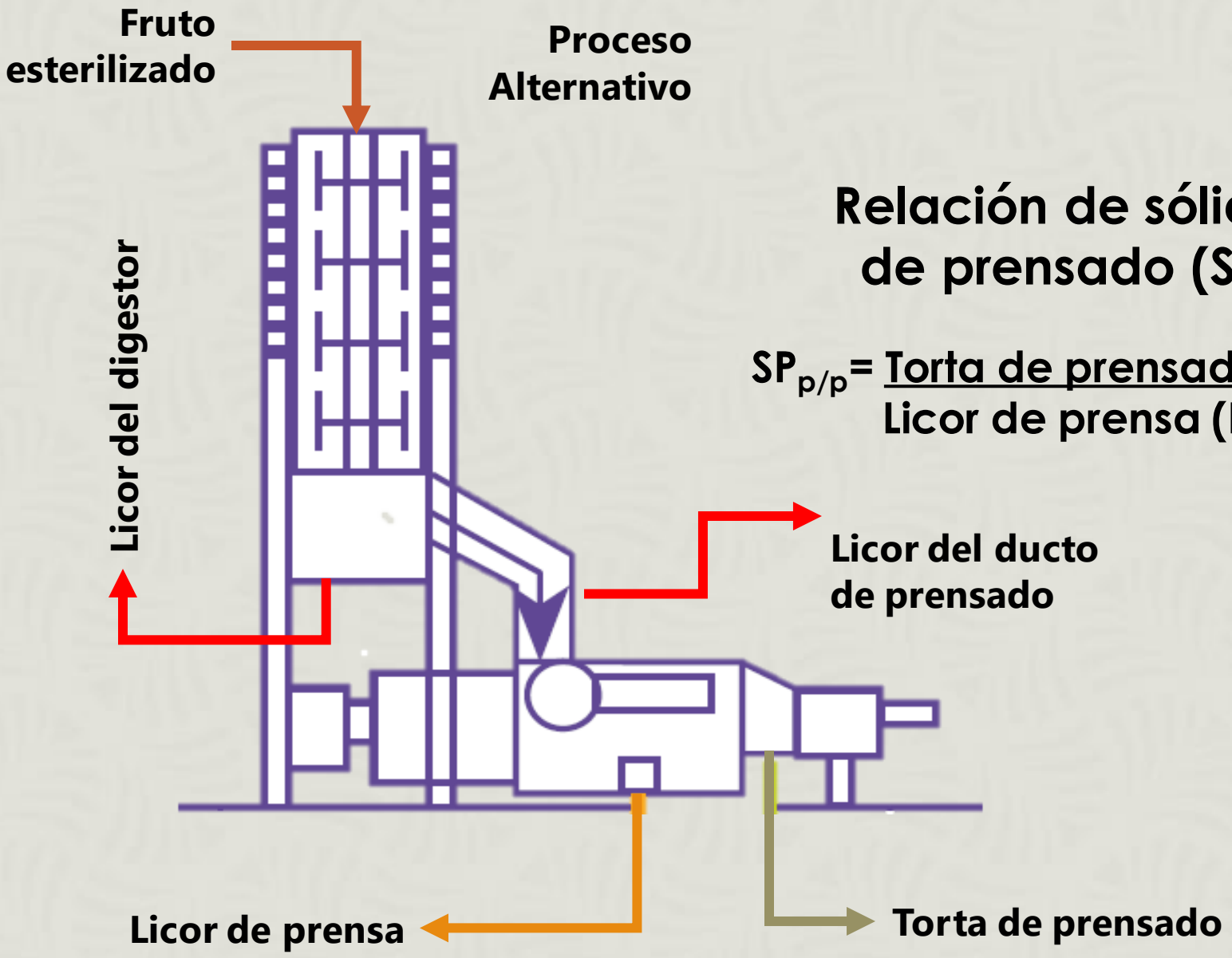
Sistema de drenaje en el prensado de RFF

"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)



Relación de sólidos de prensado (SP)

$$SP_{p/p} = \frac{\text{Torta de prensado (Kg)}}{\text{Licor de prensa (Kg)}}$$

cenipalma

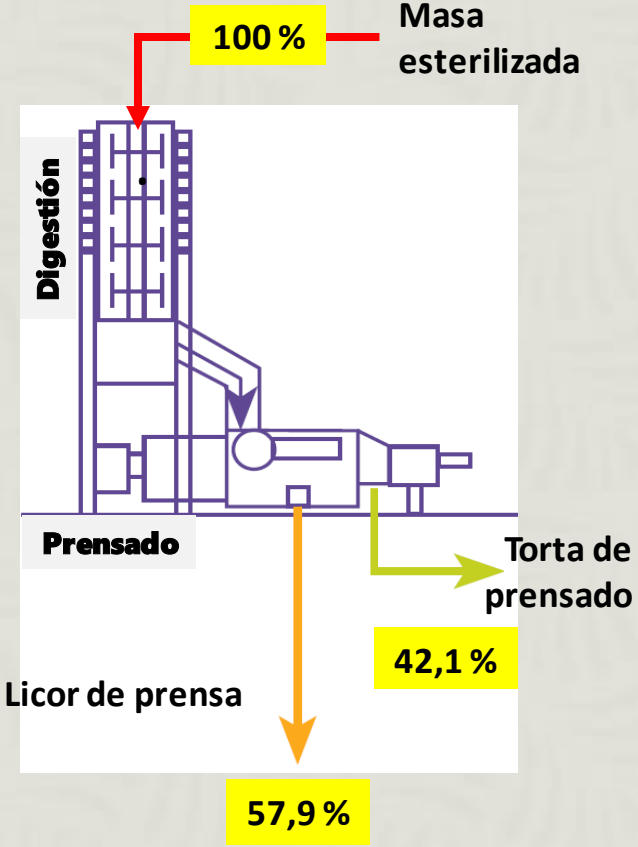
PROCESAMIENTO Y VALOR AGREGADO

SP para proceso de prensado E.g y OxG

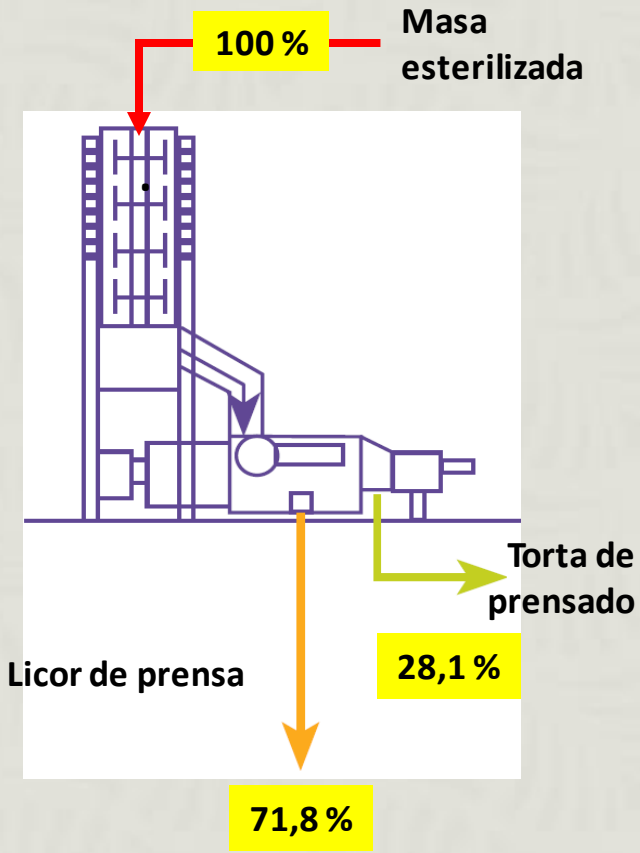
E. guineensis

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)

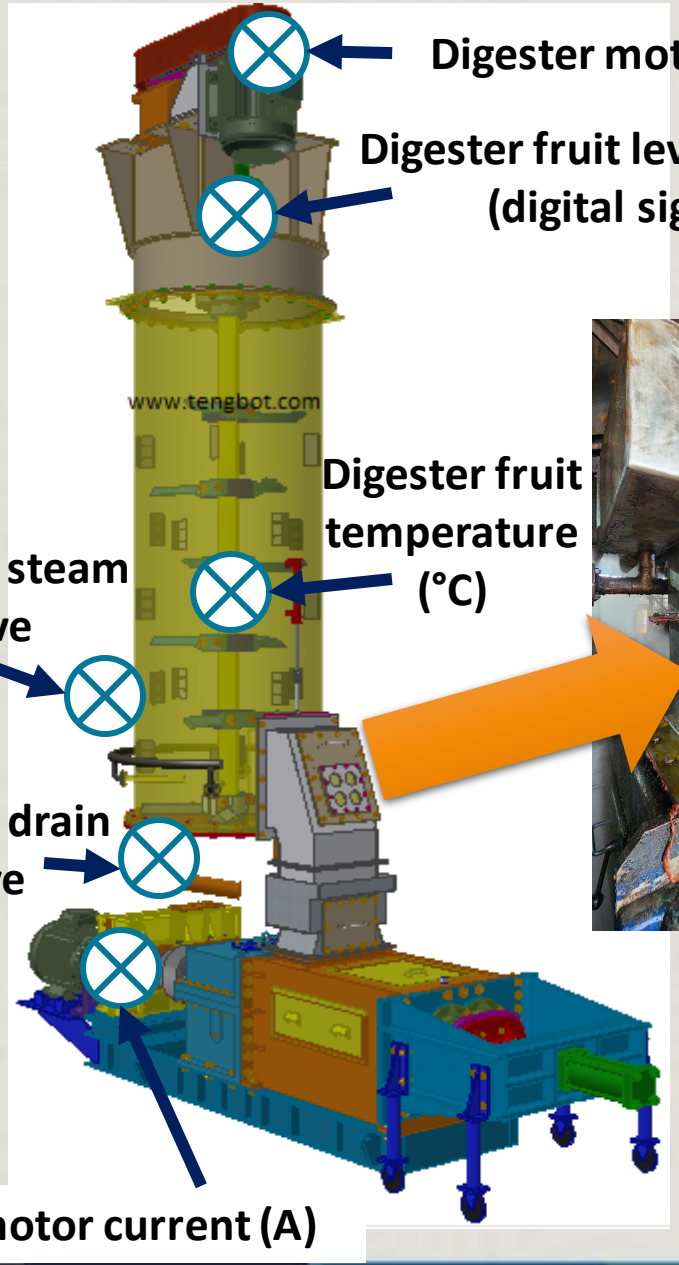
$$SP\ (\%) = \frac{Torta\ de\ prensa}{licor\ de\ prensa} * 100$$

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

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

cenipalma

Proposed control system for Hybrid and E. Guineensis FFB processing



Digester motor current (A)

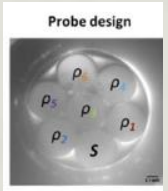
Digester fruit level at 100% (digital signal)

Digester fruit temperature (°C)

Digester steam valve

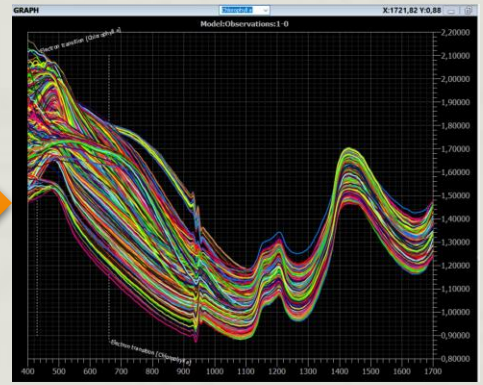
Digester drain valve

Press motor current (A)

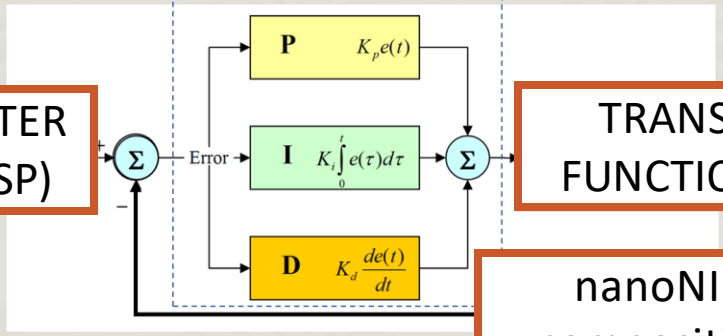


nanoNIR adapter to Safire window

Composition of fruit digested (oil/water)



PID CONTROLLER



% DIGESTER VALVE (SP)

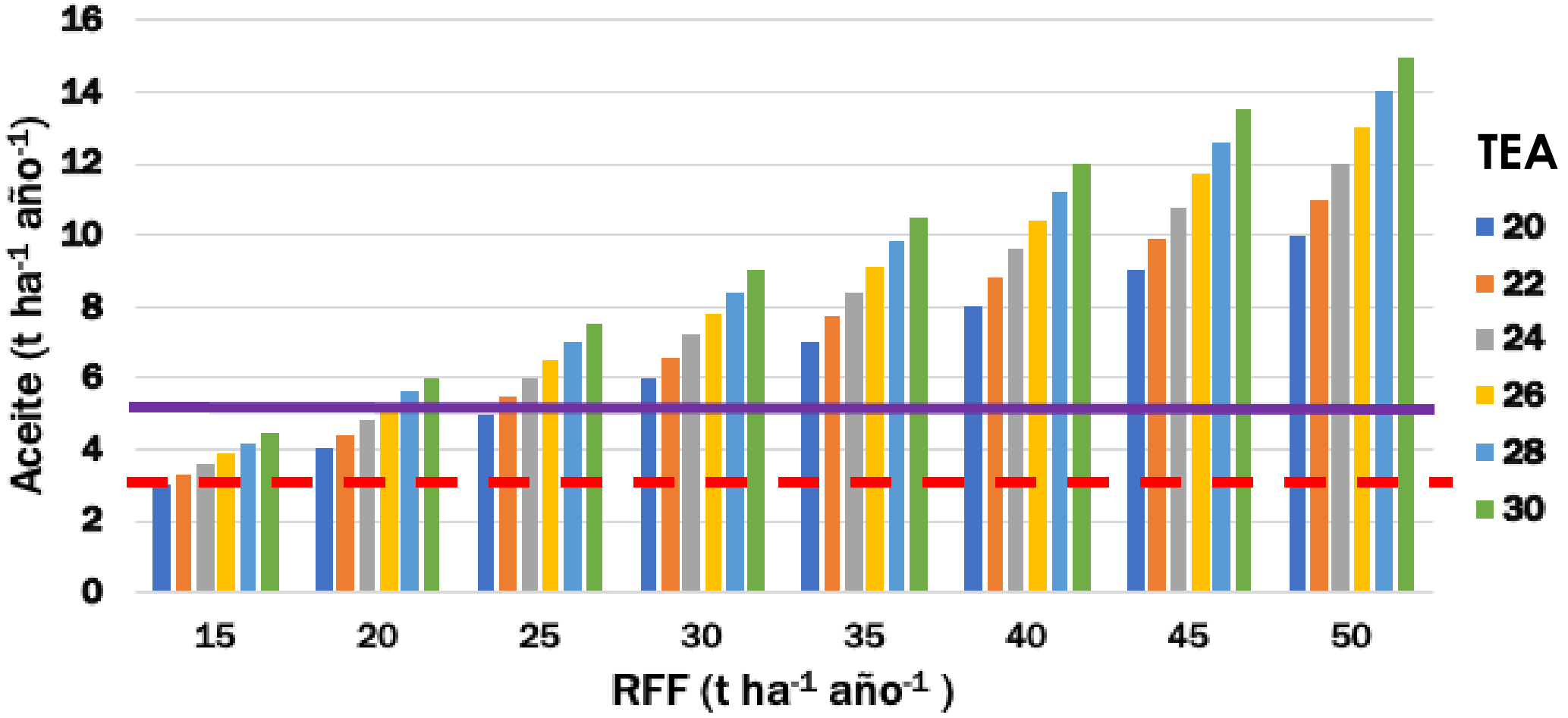
TRANSFER FUNCTION f(x)

% DIGESTER VALVE (PV)

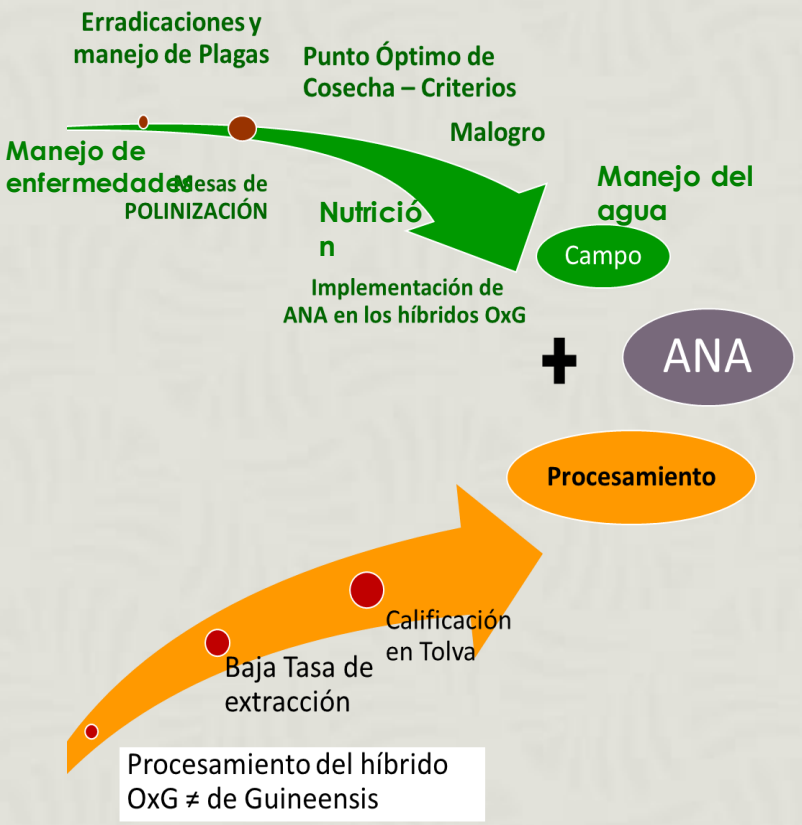
nanoNIR composition

10 Perspectivas y conclusiones

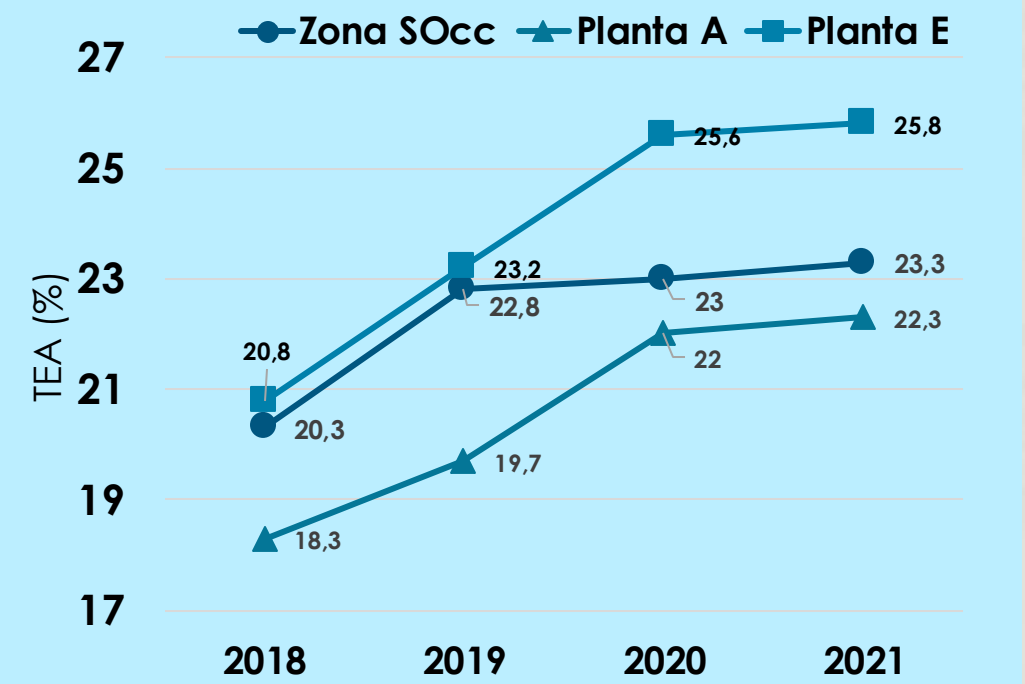
Rendimiento potencial de aceite en híbridos interespecíficos OxG



cenipalma



Es posible alcanzar más 12 t de aceite ha^{-1}

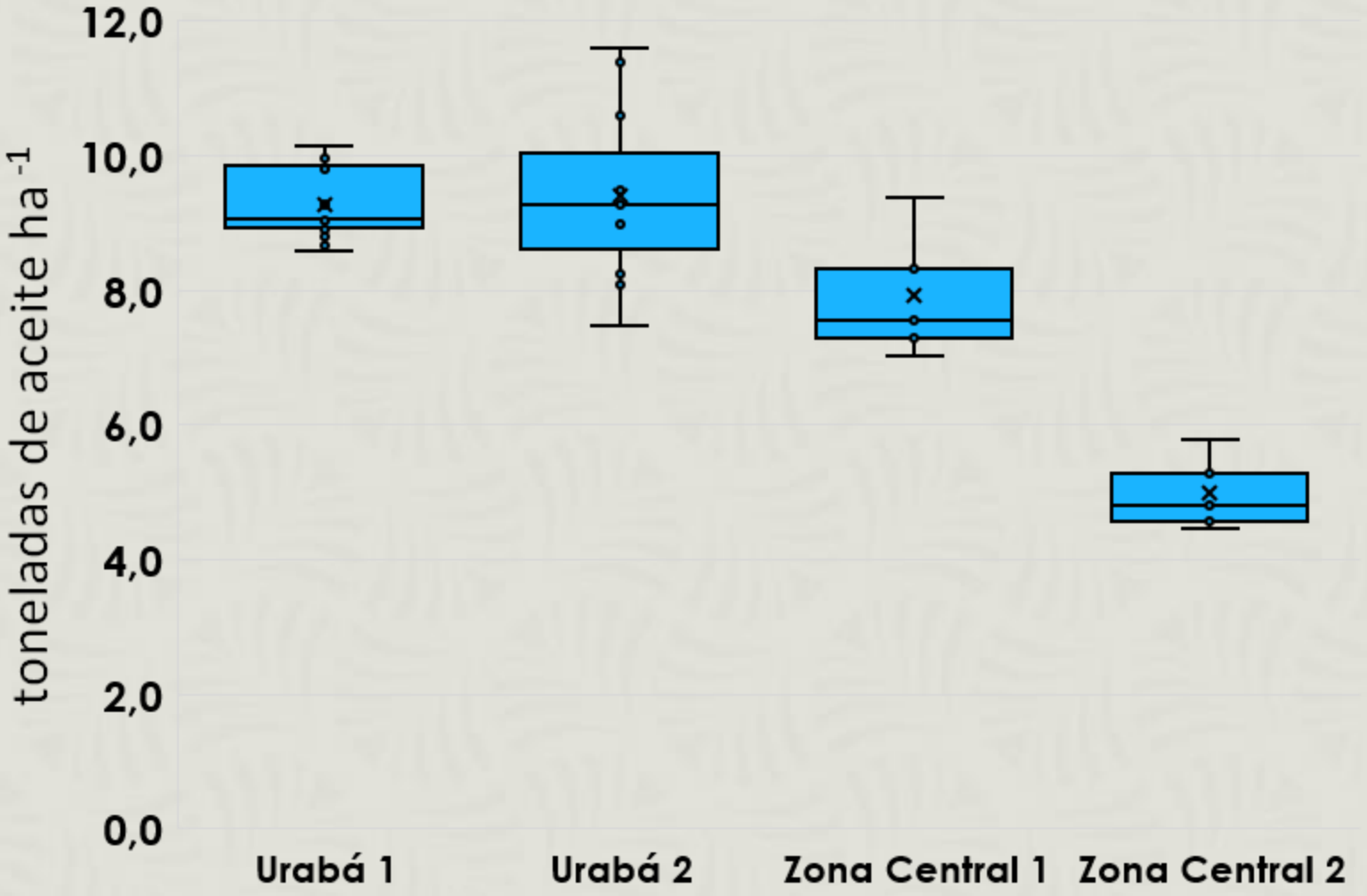


Fuente: Guerrero, A. 2021

cenipalma

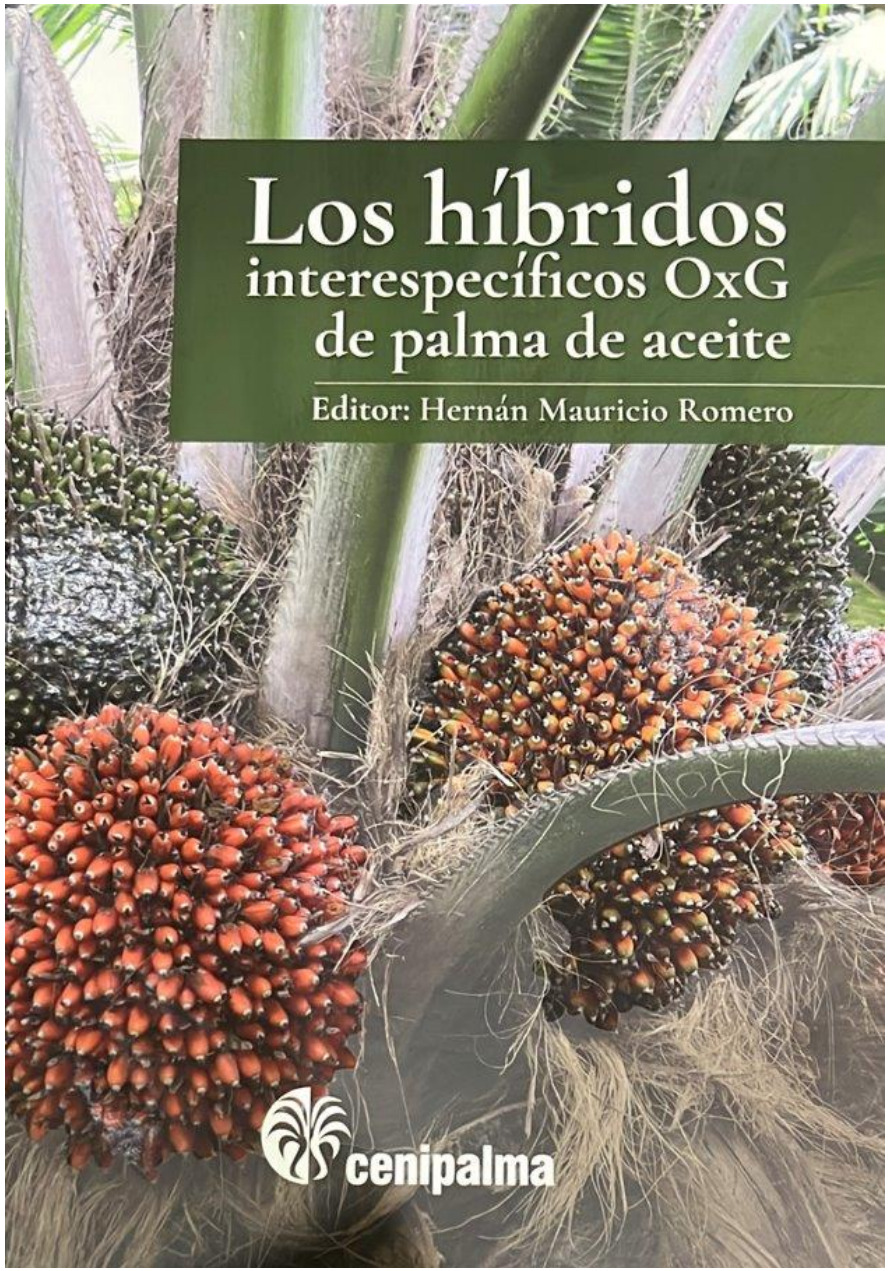
Conociendo los potenciales del cultivo y superando brechas de productividad:

En la ruta de la intensificación



cenipalma

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



cenipalma

11 Agradecimientos

Gracias

cenipalma