

Caracterización de los criterios de calidad de racimos de fruta fresca de cultivares híbridos OxG

Characterization of the Quality Criteria of Fresh Fruit Bunches from Hybrid Cultivars OxG

CITACIÓN: Cortés, I. L., Cala, S. L., Ramírez-Contreras, N. E., García-Núñez, J. A. (2024). Caracterización de los criterios de calidad de racimos de fruta fresca de cultivares híbridos OxG. *Palmas*, 44(4), 18-27.

PALABRAS CLAVE: calidad racimos, híbrido OxG, potencial de aceite.

KEYWORDS: bunches quality, OxG hybrid, oil potential.

INGRID L. CORTÉS B.

Corporación Centro de Investigación
en Palma de Aceite – Cenipalma,
Programa de Procesamiento
Tesis Maestría en Ciencias Agrarias
Universidad de Nariño
icortes@cenipalma.org

SILVIA L. CALA A.

Corporación Centro de Investigación
en Palma de Aceite – Cenipalma,
Programa de Procesamiento
scala@cenipalma.org

NIDIA ELIZABETH RAMÍREZ-CONTRERAS

Corporación Centro de Investigación
en Palma de Aceite – Cenipalma,
Programa de Procesamiento
nramirez@cenipalma.org

JESÚS ALBERTO GARCÍA-NÚÑEZ

Corporación Centro de Investigación
en Palma de Aceite – Cenipalma,
Programa de Procesamiento
jgarcia@cenipalma.org

Resumen

En Colombia, más de 120 mil hectáreas de palma de aceite de cultivares *Elaeis guineensis* han sido afectadas por la enfermedad pudrición del cogollo (PC). Como alternativa de tolerancia a la enfermedad se establecieron nuevos cultivares denominados híbridos interespecíficos OxG (*Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*). Estos cultivares presentan características diferentes a las palmas *Elaeis guineensis*, lo que genera la necesidad de realizar ajustes técnicos en el cultivo y procesamiento. Uno de los puntos que se deben evaluar es la calidad de los racimos de fruta fresca (RFF), debido a que las características físicas varían en comparación con las de los racimos *E. guineensis*. Aspectos como polinización, llenado de fruto en racimos y diversidad de cultivares son claves para la evaluación de las características de calidad de los racimos en tolva. Este artículo presenta un primer estudio para clasificar racimos híbridos en tolva, mediante procedimientos realizados en conjunto con técnicos de plantaciones y plantas de beneficio de

la Zona Suroccidental. El trabajo desarrollado incluye la determinación de aceite por diferentes categorías de maduración y conformación bajo características asociadas a la poscosecha de racimos y contenidos de aceite en distintos estados de madurez. Como resultado del estudio se obtuvieron datos de potencial de aceite para diversas categorías de calidad de RFF en un rango entre 17,7 - 35,7 % Ac/RFF. Para la clase (1) de madurez se identificó un contenido de 35,74 % Ac/RFF; para la clase (1) de inmadurez, 27,92 % Ac/FFR; para clase (2) de madurez, 30,59 % Ac/RFF; para la clase (2) de inmadurez, 25,48 % Ac/FFR; para la clase (3) de madurez, 28,74 % Ac/RFF, y para la clase (3) de inmadurez, 17,75 % Ac/RFF.

Abstract

In Colombia, more than 120 thousand hectares of oil palm *Elaeis guineensis* cultivars have been affected by the bud rot disease. As an alternative to tolerate the disease, new cultivars called interspecific hybrids OxG (*Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*) were established. These cultivars have different characteristics than the *Elaeis guineensis* palms, generating the need to make technical adjustments in cultivation and processing. One of the points to evaluate is the quality of the fresh fruit bunches (FFB) because the physical characteristics vary compared to *E. guineensis* bunches. Aspects such as pollination, fruit filling in clusters and diversity of cultivars are key to evaluating the quality characteristics of bunches in hoppers. This article presents a first study to classify hybrid bunches in hoppers, using procedures carried out in conjunction with technicians from plantations and processing plants in the Southwestern Zone. This study developed includes the determination of oil by different fruit ripening categories and conformation under characteristics associated with the post-harvest of bunches and oil contents in different stages of ripeness. As a result of the study, oil potential data was obtained for different quality categories of FFB in a range between 17.7 - 35.7 % oil/FFB. For class (1) of ripness, a content of 35.74 % Ac/RFF was identified; for class (1) of unripeness, 27.92 % Ac/FFR; for class (2) of ripness, 30.59 % Ac/RFF; for class (2) of unripeness, 25.48 % Ac/FFR; for class (3) of ripness, 28.74 % Ac/RFF, and for class (3) of unripeness, 17.75 % Ac/RFF.

1. Introducción

A nivel mundial, los cultivos comerciales de palma de aceite están asociados al cultivar *Elaeis guineensis* Jacq. palma de aceite africana (Alvarado *et al.*, 2010). En Colombia, hasta el año 2007 este cultivar representaba prácticamente el 100 % de las siembras nacionales; sin embargo, a partir de 2008 se inició la siembra de cultivares de palma de aceite híbridos interespecíficos (Martínez *et al.*, 2008). El híbrido OxG se ha convertido en un genotipo promisorio para la recuperación de los cultivos de palma en zonas palmeras devastadas por problemas fitosanitarios, debido a su resistencia parcial a algunas enfermedades como la pudrición del cogollo (PC) causada por *Phytophthora palmivora* (Rey *et al.*, 2004).

En 2023 se reportó un área sembrada de 596.217 hectáreas de palma de aceite distribuidas en las cuatro zonas palmeras del país, de las cuales la siembra con híbrido OxG representa el 14 % del área total sembrada (Daza *et al.*, 2021). Considerando los beneficios del cultivar OxG, se espera un aumento en la siembra y producción en todo el país para los próximos años.

A diferencia de los cultivares de palmas *E. guineensis*, los híbridos OxG requieren polinización artificial debido a que, naturalmente, reportan baja producción de inflorescencias masculinas, baja viabilidad y germinabilidad del polen; por ende, presentan problemas de conformación del racimo, lo que genera un impacto negativo en la productivi-

dad del cultivo y potencial de aceite (Rincón *et al.*, 2013). Se estima que una adecuada polinización de las inflorescencias puede generar hasta un 30 % de incremento en el número y el peso de los frutos, en el racimo, lo que ocasionaría una mayor productividad por palma, comparado con un fruto OxG no polinizado (Ruiz *et al.*, 2015). A la fecha, se cuenta con tres métodos de polinización para cultivares OxG: i) polinización asistida con la cual se aplica únicamente polen de cultivares *guineensis* a cada inflorescencia; ii) polinización artificial que consiste en aplicar el regulador de crecimiento ácido 1-naftalenacético (ANA) a cada inflorescencia, y iii) una polinización mixta, que combina la aplicación de polen y ANA en varios pasos por inflorescencia. La polinización con ANA permite el desarrollo y llenado de frutos incluso después de que las flores pierden su receptibilidad al polen; sin embargo, los frutos que se producen en los racimos son partenocárpicos (frutos sin semilla) en su mayoría con una acumulación de aceite en el mesocarpio fresco con valores cercanos al 50 % en racimos (García *et al.*, 2019). Algunas plantaciones comerciales han reportado tasas de extracción de aceite (TEA) hasta del 30 % en frutos OxG con aplicación de ANA en polvo en mezcla con talco y polen.

La cadena de producción del aceite de palma crudo inicia en el establecimiento del cultivo y finaliza en la extracción del aceite de palma, palmiste y biomasa en la planta de beneficio. Este proceso está conformado por una serie de subprocesos internos ligados entre sí por las entradas y salidas de cada subproceso o etapa. La etapa de cultivo tiene como producto de salida los racimos de fruta fresca, los cuales, a su vez, son la materia prima para la etapa de procesamiento en la planta de beneficio. Bajo esta lógica de proceso, todas las acciones generadas en el interior de las subetapas en la cadena productiva tienen repercusiones en el desarrollo de las etapas siguientes y la obtención de los productos respectivos. Por lo tanto, es importante destacar que la cantidad de aceite obtenido (eficiencia de extracción) y su calidad (cumplimiento de los requerimientos de los clientes) están directamente relacionados con las etapas anteriores; es decir, procesamiento en planta, acopio y transporte de RFF, cosecha, manejo agronómico, manejo fitosanitario y establecimiento del

cultivo. Al final de la cadena de producción, la calidad del aceite que se va a comercializar es clave para el cumplimiento de los requerimientos de los clientes, por lo que se debe considerar una adecuada evaluación y seguimiento de todas las fases del proceso productivo.

En la producción de racimos de fruta fresca (RFF) de cultivares híbridos OxG se ha avanzado en el estudio de identificación del punto óptimo de cosecha (escala fenológica) (Rincón *et al.*, 2013), características vegetativas y costos de producción, pero aún se desconocen algunos de los requerimientos e implementación de procesos asociados a las características de estos racimos en plantas de beneficio y su impacto sobre el proceso de extracción del aceite de palma (Navarro *et al.*, 2022).

En el ámbito comercial se cuenta con cultivares OxG con diferentes escalas fenológicas para identificar el punto óptimo de cosecha de los racimos, lo que genera una gran variedad de criterios de calificación de la calidad de los RFF en las tolvas de las plantas de beneficio; por lo tanto, es importante unificar los criterios de calificación de racimos en tolva para facilitar y agilizar los procesos de evaluación de la fruta previos al inicio de la etapa de extracción del aceite.

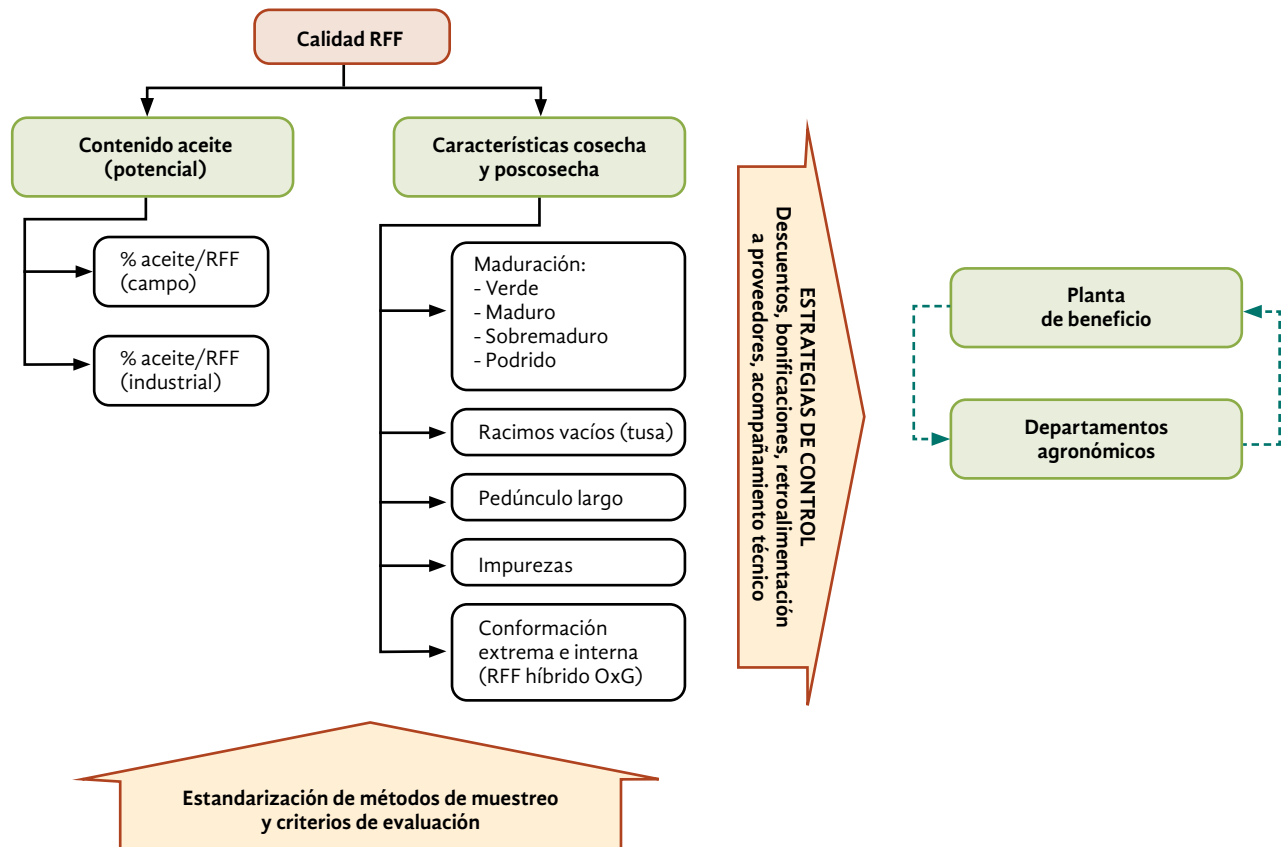
En esta investigación se presenta la unificación de criterios de evaluación de la calidad de racimos OxG y un avance en la asignación del potencial de aceite para cada una de las características evaluadas en parámetros de maduración y conformación de racimos híbridos en tolva, para la Zona Suroccidental del país. En este estudio se resalta el trabajo conjunto del comité asesor de plantas de beneficio de la zona y Cenipalma.

2. Materiales y métodos

2.1. Enfoque general

La calidad de la materia prima está asociada a la naturaleza del cultivo y hace referencia a las características que deben tener los RFF que ingresan a la planta, ya que pueden favorecer o afectar las etapas posteriores de procesamiento y la eficiencia de la extracción del aceite. La Figura 1 muestra el esque-

Figura 1. Esquema de evaluación de la calidad integral de RFF en plantas de beneficio.



ma de evaluación y los aspectos relacionados con la calidad de los RFF en la tolva de planta de beneficio y plantea el abordaje de la evaluación de la calidad desde dos aspectos: i) el contenido de aceite en los racimos (potencial de aceite) y ii) las características de la fruta por cosecha y poscosecha. Dentro de las características asociadas a las etapas de cosecha y poscosecha, los principales aspectos que se evalúan son la maduración y la conformación de los racimos, los cuales influyen directamente en el contenido de aceite. Por lo tanto, es relevante que la evaluación del potencial de aceite sea considerada también como parte de una evaluación integral de la materia prima.

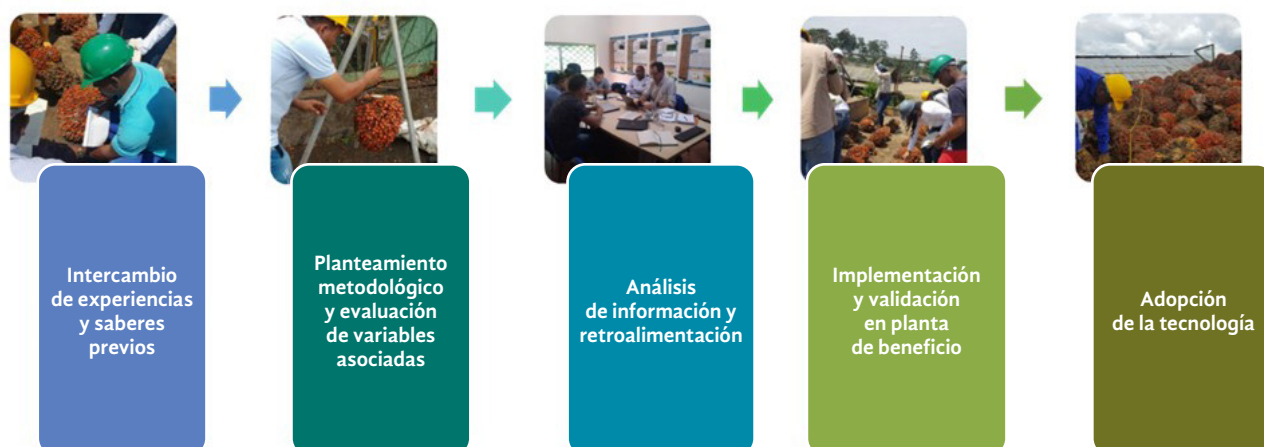
2.2. Referenciación tecnológica y unificación de criterios de calidad

En la cadena agroindustrial de la palma de aceite en Colombia, los procesos de referenciación competitiva han tenido un papel preponderante, ya

que forman parte de la dinámica de movilización del conocimiento dentro del sector e involucran de manera activa a los diferentes actores (gremiales, científicos, académicos y empresariales) para el mejoramiento de la competitividad y la sostenibilidad del aceite de palma colombiano. En este contexto, la unificación de criterios técnicos ha sido una herramienta metodológica efectiva para la identificación y seguimiento de variables asociadas a problemas específicos del sector. De igual manera ha fomentado y dinamizado acciones conjuntas encaminadas a la aplicación de soluciones efectivas por parte de las empresas palmeras.

La Figura 2 ilustra las etapas del proceso de unificación de criterios, el cual inicia con el reconocimiento de las problemáticas y la documentación de las experiencias propias de las plantas desde el entendimiento de que la valorización de los saberes previos es un factor importante para el desarrollo de metodologías aplicables y su posterior adopción.

Figura 2. Etapas del proceso de unificación de criterios para la metodología de evaluación de la calidad de racimos híbrido OxG.



- I. Intercambio de experiencias y saberes previos: socialización de características identificadas en racimos y condiciones de calidad de fruto en tolva, asociadas a la transferencia de conocimientos en cultivares híbridos.
- II. Planteamiento metodológico y evaluación de variables asociadas: identificación de procedimientos y criterios de plantaciones participantes, y de métodos de calificación (método del lazo o circunferencia); evaluación de condiciones de maduración y conformación de racimos de fruta en tolva.
- III. Análisis de información y retroalimentación: recolección de información de la calidad de racimos en plantaciones participantes, identificación de características comunes y fortalecimiento de aprendizaje mediante indicadores de componentes de racimos y contenidos de aceite en cultivares híbridos.
- IV. Implementación y validación en planta de beneficio: evaluación de calidad de fruto que ingresa a planta de beneficio, métodos y variables establecidos de calificación de racimos con evidencias documentadas y procedimientos validados.
- V. Adopción de la tecnología: se unificaron criterios de calidad de fruto en tolva identificados en dos grupos: i) criterio de maduración de racimos (maduros, inmaduros, sobremaduros, podridos); ii) criterio de conformación por clases (clase 1,

clase 2, clase 3, clase 4, esta última corresponde a racimos de cultivares híbridos OxG).

El intercambio en el desarrollo de ensayos en conjunto entre las plantas de beneficio y Cenipalma permitió contar con datos de calidad de fruto de las plantas participantes para la validación de la metodología.

En el tema particular de la conformación de los racimos híbridos OxG se partió de la escala de evaluación desarrollada inicialmente por la empresa Palmeiras Colombia S. A. Posteriormente se desarrollaron actividades de referenciación para el respectivo proceso de validación y unificación de criterios por parte de los comités asesores regionales de plantas de beneficio del país. Esta primera etapa fue desarrollada en la Zona Suroccidental y luego aplicada en las zonas Oriental y Central.

2.3. Criterios de calidad de RFF en tolva

A través de encuentros técnicos, días de campo y visitas a plantas de beneficio en Tumaco, se estableció el uso de dos criterios de calificación de calidad de racimos OxG: i) maduración y ii) conformación de fruto en racimo.

Para identificar las principales características de los racimos en híbridos OxG se consideró como referencia la metodología para evaluar raci-

mos *guineensis* descrita en el manual de laboratorio en plantas de beneficio de Cenipalma (Cala *et al.*, 2011). La calidad de los racimos OxG se evaluó al clasificarlos en criterios de maduración y conformación con el porcentaje de frutos llenos en la capa exterior del racimo, según la metodología planteada y desarrollada por la plantación Palmeiras Colombia S. A. y acogida en los procesos de unificación de criterios por el comité de plantas de beneficio de la Zona Suroccidental. Por lo tanto, en este estudio se tuvieron en cuenta cuatro aspectos de maduración en racimos (maduros, inmaduros, sobremaduros y podridos) y cuatro criterios de conformación de racimos (clase 1, clase 2, clase 3 y clase 4).

2.4. Determinación del potencial de aceite

La metodología sigue los lineamientos descritos en la cartilla de medición del potencial industrial de aceite en racimos de fruta fresca a partir de la masa que pasa por el digestor (MPD) (Caballero *et al.*, 2022), como se describe en la Figura 3. Este método consiste en el muestreo de la masa de frutos esterilizados, lo

que permite incluir la variabilidad propia de los racimos que ingresan en el proceso. Este análisis permite determinar el contenido porcentual de aceite en los componentes del racimo (frutos normales, partenocárpicos no aceitosos, partenocárpicos aceitosos e impurezas) a nivel de laboratorio con el método de extracción por solventes (Cala *et al.*, 2011). Para cada muestra de fruto se identificó el origen de los racimos, tipo de cultivar y año de siembra con base en la codificación utilizada por las plantaciones para la ubicación de los lotes o proveedores externos.

3. Resultados y discusión

3.1. Criterios de calificación de racimos en tolva

A partir del trabajo conjunto realizado se logró definir una metodología de evaluación unificada para la calidad de los racimos en cultivares híbridos OxG en plantas de beneficio mediante la consideración de los aspectos de maduración, conformación del racimo y las condiciones externas de los racimos.

Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología para la determinación del potencial de aceite - criterios de calidad de racimos de cultivares híbridos OxG (Caballero *et al.*, 2022).



3.1.1. Criterios de maduración de los racimos

Como parte de los criterios evaluados está el grado de madurez de los racimos, los cuales pueden clasificarse en maduros, inmaduros, sobremaduros y podridos. La Tabla 1 describe los criterios de maduración, para la evaluación de los racimos híbridos OxG provenientes de diferentes plantaciones de palma de aceite en Tumaco.

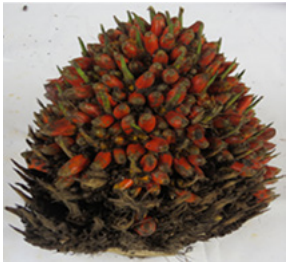
Tabla 1. Criterios de maduración de racimos híbridos OxG.

Criterio de maduración	Característica visual del racimo
<i>Racimo Inmaduro (RI)</i> Racimos sin cuarteamiento y sin desprendimiento de fruto de forma natural. Los racimos inmaduros pueden tener frutos normales tanto maduros como inmaduros. Los frutos partenocárpicos no presentan una coloración uniforme.	
<i>Racimo Maduro (RM)</i> Racimos que presentan desprendimiento desde 10 frutos hasta el 25 % de frutos en su capa externa y pueden tener cuarteamiento o no. Tanto los frutos normales como los partenocárpicos se encuentran en estado de madurez (uniformidad en el color). La mayoría de los cultivares presentan cuarteamiento.	
<i>Racimo Sobremaduro (RS)</i> Racimos que han desprendido naturalmente más del 25 % hasta el 50 % de los frutos en su capa externa. Deshidratación parcial del pedúnculo.	
<i>Racimo Podrido y tusas vacías (RP)</i> Racimos deshidratados, pedúnculo blando, olor fétido, con desprendimiento del fruto de forma natural de más del 50 % y tusas vacías.	

3.1.2. Criterios de conformación de racimos

El criterio de conformación califica el llenado de los racimos de acuerdo con el rango de formación de frutos normales y partenocárpicos, como se describe en la Tabla 2. Se acordó usar la escala de Palmeiras para la conformación de racimos, la cual fue incluida en el proceso de unificación de criterios.

Tabla 2 Criterios de conformación por clase de racimos híbridos OxG.

Criterio de maduración	Característica visual del racimo
<i>Conformación clase 1 (C1)</i> Racimos C1. La conformación de sus frutos es mayor o igual del 90 %. Es la conformación ideal.	
<i>Conformación clase 2 (C2)</i> Racimos C2. La conformación de sus frutos se encuentra entre el 70 y el 89 %.	
<i>Conformación clase 3 (C3)</i> Racimos C3. La conformación de sus frutos está entre el 50 y el 69 %.	
<i>Conformación clase 4 (C4)</i> Racimos C4. La conformación de sus frutos es menor o igual al 49 %.	

3.1.3. Criterios de condiciones externas de los racimos

Adicionalmente a los criterios establecidos, se vio la necesidad de incluir características relacionadas con las condiciones externas por viajes de racimos. La Tabla 3 describe los criterios externos asociados a la cosecha de los racimos híbridos OxG.

Tabla 3. Criterios externos de racimos híbridos OxG.

Criterios externos	Característica visual del racimo
<i>Pedúnculo Largo (PL)</i> Racimos que presentan pedúnculo de más de 3 cm por encima de la base del hombro del racimo.	
<i>Impurezas (IM)</i> Elementos extraños al racimo limpio, como piedras, espatas, materiales de cosecha, arena, etc. Este criterio es evaluado sobre la totalidad del viaje y no sobre cada racimo en particular.	

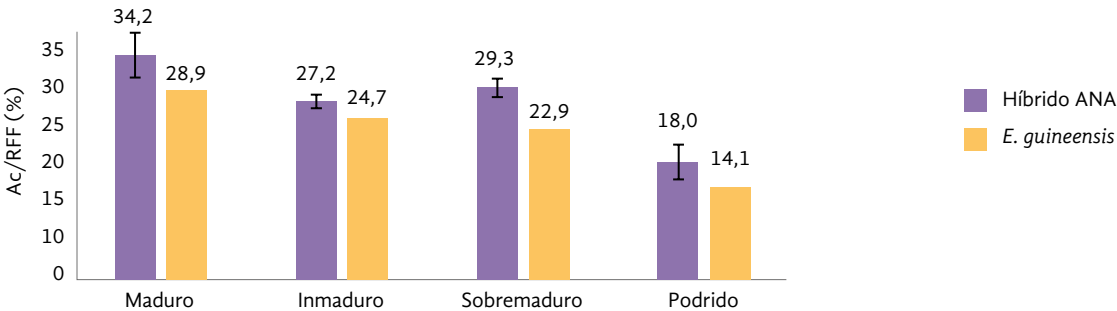
Además de los anteriores criterios, se consideraron otros dos aspectos de evaluación de racimos de materiales híbridos OxG que pueden afectar la tasa de extracción de aceite (TEA): el malogro y la

asincronía de los racimos. i) El malogro de los racimos hace referencia a aquellos racimos que presentan más del 25 % de frutos con secamiento del ápice hacia la base (o viceversa), pérdida de brillo y fácil desprendimiento de las raquillas. ii) Los racimos asincrónicos se trata de racimos que presentan frutos con diferentes grados de maduración en una proporción del racimo superior al 25 %; esta condición está asociada al fenómeno de asincronía floral. Estos dos aspectos adicionales usualmente se valoran de manera cualitativa y, si bien se observan en los racimos individuales, se deben calificar sobre la totalidad de los racimos evaluados en tolva.

3.2. Potencial de aceite de acuerdo con la calificación de racimos en tolva

La evaluación de la calidad y potencial de aceite de los RFF en la planta de beneficio constituye una etapa importante, dado que determina condiciones del proceso y, a su vez, permite inferir el comportamiento en la eficiencia de extracción de aceite, acorde con las características de calidad propias de los racimos. Para evaluar la utilidad de los criterios de calificación de RFF en tolva se consideraron 90 racimos de diferentes grados de madurez asociados a diferentes condiciones de conformación de racimos (clases). Se determinaron los potenciales de aceite de RFF híbridos OxG al compararlos con los criterios de maduración usados para racimos de fruta de *E. guineensis* (Figura 4). Se observó que el orden del potencial de aceite de mayor a menor se mantiene para los criterios de racimos maduros, sobre-

Figura 4. Relación del potencial de aceite - criterios de maduración de racimos híbridos ANA (datos de *E. guineensis* de acuerdo con Durán *et al.*, 2004 y Cala *et al.*, 2011).



maduros, inmaduros y podridos. La diferencia en el potencial de aceite entre los racimos maduros y sobremaduros está entre 6 y 5 puntos porcentuales, mientras que la diferencia entre los racimos maduros e inmaduros es del orden de 7 y 6 puntos porcentuales, y entre los racimos maduros y podridos es del orden de 16 y 14 puntos porcentuales para RFF híbridos ANA y RFF *guineensis*, respectivamente. Esta gran diferencia en el potencial de aceite valida los criterios mencionados y justifica su uso para la retroalimentación entre las actividades del campo y la planta de beneficio.

Los criterios mostrados en la Figura 4 no son excluyentes; por lo tanto, se pueden presentar racimos maduros con diferentes grados de polinización.

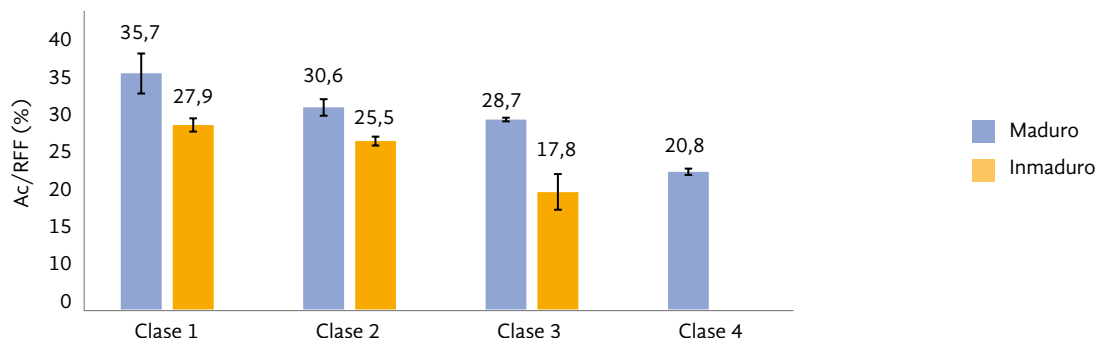
En la Figura 5 se observa que los RFF completamente bien polinizados (clase 1) pueden diferir en aproximadamente 8 puntos porcentuales en el potencial de aceite de acuerdo con el momento en el que se hizo el corte de RFF en campo (RFF maduros e inmaduros). Como es de esperarse, independientemente del grado de madurez de los RFF, cuanto mejor sea la conformación de racimos mejor será su potencial de aceite.

Finalmente, cada condición está asociada a una serie de prácticas de manejo en campo; por lo tanto, las evaluaciones deben permitir que los resultados obtenidos sean retroalimentados con miras a generar procesos de mejora continua en las labores de polinización, cosecha y poscosecha.

4. Conclusiones y recomendaciones

- La unificación de criterios de calidad de racimos constituye una herramienta útil para determinar características de ingreso y control de fruto procesado mediante la identificación de criterios de maduración y los contenidos de aceite en cultivos híbridos OxG.
- El control de calidad en tolva evaluado bajo las condiciones propias de la materia prima (RFF) permite determinar el comportamiento en la eficiencia de extracción de aceite y tener control y medición de la fruta que ingresa en el proceso.
- Los racimos maduros en cultivos híbridos poseen mejor potencial de aceite, ya que superan en más de 7 puntos a los racimos inmaduros y en más de 5 puntos a los racimos sobremaduros en contenido porcentual.
- La conformación de racimos impacta de manera directa la eficiencia, la calidad y la extracción de aceite asociado a las condiciones de maduración, de cuya categorización se determina que la clase 1 evidencia mejor comportamiento y las clases 3 y 4, menor comportamiento en potencial de aceite en híbridos OxG.
- El potencial de aceite de los racimos puede ser calculado a partir del contenido de aceite en pulpa y la composición física de la muestra MPD con un menor gasto de materiales y tiempo.

Figura 5. Relación del potencial de aceite de RFF de híbridos ANA para frutos maduros e inmaduros con diferentes conformaciones de racimos.



- La identificación de calidad de racimos y la implementación de metodologías para estimar el potencial de aceite brindan información para mejorar la eficiencia en los procesos de extracción y facilitan la retroalimentación en campo.
- Futuros trabajos de calidad de racimos se orientarán en evaluar la conformación interna del fruto, como método complementario de calificación integral de racimos híbridos en sincronía con el comité agronómico y las plantas de beneficio.

Referencias bibliográficas

- Alvarado, A., Escobar, R., & Peralta, F. (2010). El programa de mejoramiento genético de la palma de aceite de ASD Costa Rica y su contribución a la industria. *ASD Oil Palm Papers*, 34, 17-32.
- Caballero, K., Ospina, M., Cortés, I. L., & García, J. A. (2022). Medición del potencial industrial de aceite en racimos de fruta fresca utilizando la metodología masa que pasa al digestor (MPD). *Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma*. <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/141464>
- Cala, S. L., Yáñez, E. E., & García, J. A. (2011). *Manual de procedimientos de laboratorio en plantas de beneficio*. Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.
- Daza, E., Ayala-Díaz, I., Ruiz-Romero, R., & Romero, H. M. (2021). Effect of the application of plant hormones on the formation of parthenocarpic fruits and oil production in oil palm interspecific hybrids (*Elaeis oleifera* Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.). *Plant Production Science*, 24(3). <https://doi.org/10.1080/1343943X.2020.1862681>
- Durán, Q., Sierra, G. A., & García, J. A. (2004). Potencial de aceite en racimos de palma de aceite de diferente calidad y su influencia en el potencial y extracción de aceite en la planta de beneficio. *Palmas*, 25(especial), 501-508.
- García, A. M., Ibagué, D. F., Munévar, D. E., Hernández, J. S., & Mosquera-Montoya, M. (2019). Polinización artificial: ¿ANA líquido o ANA sólido? *XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*.
- Martínez, G., Corredor, A., & Silva, Á. (2008). Problemática de la Pudrición del cogollo en Tumaco e instrumentos para su manejo y la renovación del cultivo. *Palmas*, 29(3).
- Navarro, J. G., Carrera, L. S., & Flores, A. G. (2022). Mejoramiento de extracción de aceite de palma en una planta industrial. *ConcienciaDigital*, 5(3), 68-84. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i3.2206>
- Rey, L., Gómez, P., Ayala, I., Delgado, W., & Rocha, P. (2004). Colecciones genéticas de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq y *Elaeis oleifera* (HBK) de Cenipalma: características de importancia para el sector palmicultor. *Palmas*, 25(especial), 39-48.
- Rincón, S. M., Hormaza, P. A., Moreno, L. P., Prada, F., Portillo, D. J., García, J. A., & Romero, H. M. (2013). Uso de las etapas fenológicas de los frutos y características fisicoquímicas del aceite para determinar el momento de cosecha óptimo en híbridos interespecíficos de palma OxG. *Palmas*, 34(2), 21-33.
- Ruiz, E., Fontanilla, C. A., Mesa, E., Mosquera, M., Molina, D. L., & Rincón, Á. (2015). Prácticas de manejo y costos de producción de la palma de aceite híbrido OxG en plantaciones de la Zona Oriental y Suroccidental de Colombia. *Palmas*, 36(4).