



**UDEC**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA

**DETERMINAR LA DENSIDAD DE SIEMBRA ÓPTIMA EN DIFERENTES  
CULTIVARES COMERCIALES DEL HÍBRIDO INTERESPECÍFICO *Elaeis oleifera* x  
*Elaeis guineensis* (OxG) EN CONDICIONES DEL CAMPO EXPERIMENTAL PALMAR  
DE LA VIZCAINA (CEPV)**

**JUAN CAMILO GIL ORJUELA**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
INGENIERIA AGRONOMICA  
CUNDINAMARCA, FACATATIVA  
2019**



**UDEC**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA

**DETERMINAR LA DENSIDAD DE SIEMBRA ÓPTIMA EN DIFERENTES  
CULTIVARES COMERCIALES DEL HÍBRIDO INTERESPECÍFICO *Elaeis oleifera* x  
*Elaeis guineensis* (OxG) EN CONDICIONES DEL CAMPO EXPERIMENTAL PALMAR  
DE LA VIZCAINA (CEPV)**

**JUAN CAMILO GIL ORJUELA**

**COD: 460212214**

**TUTORES:**

**ANDRÉS ALEJANDRO TUPAZ (ASISTENTE DE INVESTIGACION – TUTOR  
EXTERNO CENIPALMA)**

**CARLOS ALBERTO GOMEZ (TUTOR INTERNO UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA)**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
INGENIERIA AGRONOMICA  
CUNDINAMARCA, FACATATIVA  
2019**



**UDEC**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA

## NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado 1**

---

**Firma del Jurado 2**

**Facatativá 29 de mayo 2019**



**UDEC**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCION.....	3
<b>1. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.    General.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.    Especificos.....</b>	<b>4</b>
<b>2. MARCO TEORICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.    Origen de la palma de aceite.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1. Producción mundial.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2. Desarrollo en Colombia.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.3. Clasificación de las palmas de aceite.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.4. Palma del Aceite Africana <i>Elaeis guineensis</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.5. Palma de Aceite Americana <i>Elaeis oleífera</i>.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.6. Híbrido interespecífico <i>Elaeis oleífera</i> x <i>Elaeis guineensis</i> (OxG).....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.7. Densidad de siembra.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.8. Caracterización morfológica.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.9. Longitud, folíolos, área y peso seco de la hoja 17.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.10. Crecimiento y diámetro del estúpite.....</b>	<b>12</b>



**UDEC**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA

<b>3. MATERIALES Y METODOS</b> .....	13
<b>3.1. Localización</b> .....	13
<b>3.2. Metodología</b> .....	14
<b>3.2.1. Identificación de la muestra</b> .....	14
<b>3.2.2. Cultivares evaluados</b> .....	14
<b>3.2.3. Variables a evaluar - Parámetros vegetativos</b> .....	16
<b>3.2.4. Parámetros de rendimiento - registros de producción en campo</b> .....	19
<b>4. RESULTADOS</b> .....	19
<b>4.1. Toma de registros de producción en campo</b> .....	19
<b>4.2. Resultados de medidas vegetativas</b> .....	21
<b>4.3. Resultados parámetros de rendimiento</b> .....	28
<b>5. ANALISIS ESTADISTICO</b> .....	35
<b>6. DISCUSIÓN</b> .....	39
<b>CONCLUSIONES</b> .....	40
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	41
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	41
<b>REFERENCIAS</b> .....	42



**UDEC**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Híbrido interespecífico <i>Elaeis oleífera</i> x <i>Elaeis guineensis</i> (OxG).....	9
<b>Figura 2:</b> Distribución de las parcelas en el ensayo de densidades.....	16
<b>Figura 3:</b> Medidas vegetativas.....	18
<b>Figura 4:</b> Proceso de escaneo en campo, utilizando el código de identificación (QR).....	20
<b>Figura 5:</b> Formulario digital con estructura general para toma de registros de producción.....	21
<b>Figura 6:</b> Promedio del parámetro vegetativo peso seco hoja en densidades.....	23
<b>Figura 7:</b> Promedio del parámetro vegetativo longitud de raquis en densidades.....	25
<b>Figura 8:</b> Promedio del parámetro vegetativo Área foliar en cada densidad.....	26
<b>Figura 9:</b> Promedio del parámetro vegetativo Ancho y profundidad de peciolo.....	27
<b>Figura 10:</b> Promedio del parámetro Toneladas por hectárea en cada densidad.....	30
<b>Figura 11:</b> Promedio del parámetro PMR por hectárea en cada densidad.....	32
<b>Figura 12:</b> Promedio del parámetro NR en cada densidad.....	35
<b>Figura 13:</b> Intervalos y resultados de comparación para Ton/ha vs Densidad.....	36
<b>Figura 14:</b> Intervalos y resultados de comparación para (PMR) vs Densidad.....	37
<b>Figura 15:</b> Intervalos y resultados de comparación para (NR) vs Densidad.....	39



**UDEC**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Producción mundial de aceites y grasas seleccionadas (millones de toneladas), incluidas las producciones previstas hasta 2020. Forecast.After Jalani (1998). .....	6
<b>Tabla 2:</b> Descripción de los cultivares en cada densidad de siembra.....	15
<b>Tabla 3:</b> Parámetros vegetativos para cada cultivar y densidad de siembra.....	22
<b>Tabla 4:</b> Parámetro Ton/Ha para cada cultivar y densidad de siembra.....	28
<b>Tabla 5:</b> Parámetro Peso Medio Racimo (PMR) para cada cultivar y densidad de siembra....	30
<b>Tabla 6:</b> Parámetro Numero de Racimos (NR) para cada cultivar y densidad de siembra.....	33
<b>Tabla 7:</b> Análisis de Varianza ton/ha vs Densidad.....	35
<b>Tabla 8:</b> Análisis de Varianza peso medio del racimo (PMR) vs Densidad.....	36
<b>Tabla 9:</b> Análisis de Varianza número de racimos (NR) vs Densidad.....	37
<b>Tabla 10:</b> Comparación de promedios.....	38

## RESUMEN

En Colombia se encuentran registradas cerca de 50.000 ha sembradas con híbridos *Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis* (OxG), palmas de origen diferente y características contrastantes de crecimiento, a los que se les desconoce la distancia de siembra que les permite expresar el máximo potencial productivo; por ese motivo, este estudio busca determinar la densidad de siembra óptima para cultivares híbridos *E. Oleífera* x *E. Guineensis* (OxG). Los cuatro híbridos evaluados son, uno de origen de Costa Rica (ASD) y tres híbridos de origen Colombiano (La Cabaña, Unípalma e Indupalma), donde se sembraron bajo cuatro densidades de siembra las cuales fueron (143, 128, 116, 105 palmas por hectárea) en el Campo Experimental Palmar de la Vizcaína (CEPV), así, se les evaluó el rendimiento expresado en producción de racimos de fruta fresca (RFF), número de racimos (NR), peso medio de racimo (PMR) y parámetros vegetativos como área foliar, ancho y largo de los foliolos y peso seco. Los resultados se analizaron mediante estadística descriptiva y prueba de análisis de varianza con comparaciones de promedios, utilizando el software estadístico MiniTab versión 2018. Los análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas significativas para el parámetro de respuesta Número de racimos producido por palma (NR) en las densidades de siembra evaluadas, para producción de racimos de fruta fresca expresado en Toneladas por hectárea y peso medio de racimos (PMR) no presentaron diferencias estadísticas. El comportamiento para las variables vegetativas fue similar en peso seco foliar, ancho y largo del peciolo, en cada densidad de siembra. El estudio mostro la necesidad de continuar con las evaluaciones, ya que con el tiempo se debe identificar el potencial máximo productivo de cada cultivar híbrido.

**Palabras clave:** Rendimiento, competencia entre plantas, distancia de siembra y manejo agronómico.

### ABSTRACT

In Colombia, nearly 50,000 hectares are planted with hybrids *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (OxG) of different origin and contrasting growth characteristics, which are not known the distance of sowing that allows them to express the maximum productive potential; For this reason, this study seeks to determine the optimum sowing density for hybrid cultivars *E. oleifera* x *E. guineensis* (OxG). Thus, four hybrids of Costa Rican origin (ASD) and Colombian origin (La Cabaña, Unípalma and Indupalma), were sown under four planting densities (143, 128, 116, 105 palms per hectare) in the Palmar Experimental Field of the Vizcaina (CEPV), which evaluated the yield expressed in production of fresh fruit bunches (RFF), number of bunches (NR), average bunch weight (PMR) and vegetative parameters such as leaf area, width and length of the leaflets and dry weight. The results were analyzed by descriptive statistics and analysis of variance test with averages comparisons, using the statistical software MiniTab version 2018. The analysis of variance showed significant statistical differences for the response parameter Number of bunches produced by palm (NR) in the Seed densities evaluated, for production of fresh fruit clusters expressed in Tons per hectare and average bunch weight (PMR) did not show statistical differences. The behavior for vegetative variables was similar in leaf dry weight, width and length of the petiole, in each density of sowing. The study showed the need to

continue with the evaluations, since in time the maximum productive potential of each hybrid cultivar must be identified.

**Keywords:** Yield, competition between plants, planting distance and agronomic management.

## INTRODUCCIÓN

En el cultivo de palma de aceite, la producción de aceite se ha basado principalmente en la selección de materiales con buenos rendimientos de racimos de fruta fresca. Sin embargo, la prevalencia de problemas fitosanitarios, demanda también la selección de genotipos con alguna tolerancia a enfermedades y otras características de interés agronómico. De esta manera, el híbrido interespecífico OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), el cual brinda una aparente resistencia a la Pudrición del Cogollo (PC), la enfermedad más limitante del cultivo en el país se muestra como un genotipo promisorio (Vallejo G. y Cassalet C, 1975).

La información en palma de aceite sobre experimentos de densidad de siembra es escasa; las primeras referencias sobre densidad de siembra provienen de Goh, KH. 1977, quien describe el resultado de dos experimentos de densidad por fertilización en la estación Chemara, en Malasia, donde compararon el comportamiento de diferentes densidades de siembra en relación a distintas aplicaciones de fertilizante para destacar diferencias en cuanto al crecimiento vigoroso de las palmas. (Donough y Kwan, 1991), muestran un ensayo con una detallada descripción de los resultados de dos experimentos en los que compararon el comportamiento de materiales comerciales resistentes a (PC) Pudrición de cogollo, a diferentes densidades de siembra en dos

localidades. Smith, Donough y Corley (1996), determinaron la densidad óptima de siembra para materiales con diferente velocidad de expansión de la corona, Concluyeron que, en primer lugar, la longitud del raquis y posteriormente el índice de área foliar, son variables indicadoras de la densidad óptima.

La radiación solar es un aspecto importante en el cultivo de palma de aceite, debido a que se encuentra directamente relacionado con eventos fisiológicos que afectan la producción y acumulación de materia seca entre los diferentes órganos (Rodríguez, 2000). Así, bajo estrés por competencia, la palma de aceite disminuye la proporción de inflorescencias femeninas respecto a las masculinas y aumenta la velocidad de senescencia de las hojas inferiores que consecuentemente reduce la tasa de asimilación neta y la tasa de crecimiento del cultivo, lo que conlleva a una caída en el rendimiento (Corley y Tinker, 2003). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es determinar las densidades óptimas a las que se deben sembrar cada cultivar para obtener las mayores utilidades.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1. Objetivo General.

Determinar la densidad de siembra óptima para cultivares comerciales del híbrido interespecífico de palma de aceite *Elaeis oleifera x Elaeis guineensis*.

## 1.2. Objetivos específicos.

- Determinación de la densidad de siembra optima de cada cultivar híbrido para alcanzar altos rendimientos de racimos de fruta fresca.
- Evaluar la interacción entre rendimiento y desarrollo vegetativo de los diferentes cultivares híbridos de acuerdo a la densidad de siembra.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1. Origen de la palma de aceite

La palma de aceite es un cultivo oriundo de las costas del golfo de Guinea en África, desde donde se introduce a América como una planta ornamental y alimenticia que los esclavos portugueses tenían como dieta de los viajes trasatlánticos en el siglo XVI, posteriormente los pobladores indígenas, adquieren la costumbre de producirlo para aprovechar su fruto; en Colombia se introduce en el año 1932 y desarrollado por primera vez por la multinacional “United Fruit Company” que explota las distintas cualidades del fruto de Palma y lo comercializa (Fedepalma, 2008).

#### 2.1.1. Producción Mundial

El país más importante y representativo de la producción mundial de palma de aceite es Indonesia que tiene un 52% de producción a nivel mundial, seguido de Malasia con un 33%, Nigeria con un 5%, Colombia 3.4% y otros países con 7.1% (Fedepalma, 2014). Durante los años 1992 a 1.998 la palma de aceite obtuvo su mayor incremento en cuanto el área sembrada,

movido por la iniciación y exploración de suelos aptos para la siembra; esta producción llegó a tener 256 mil ha<sup>2</sup>/año, según las estadísticas presentadas por Oíl World (Fedepalma, 2014).

Las estimaciones sugieren que la producción mundial para el año 1972 fue de 2,2 millones de toneladas de aceite de palma y además 1,2 millones toneladas de granos; pero según Oíl World en el año 2000 la producción mundial aumentó un 2,6 millones de toneladas de aceite de grano como se evidencia en la Tabla 1 (Fedepalma, 2014). La mayoría de este aumento puede atribuirse a Malasia e Indonesia, y para algunos pequeños productores asiáticos.

**Tabla 1:** Oíl World, Producción mundial de aceites y grasas seleccionadas (millones de toneladas), incluidas las producciones previstas hasta **2020**. (Fedepalma, 2014).

Año	Aceite de Palma	Aceite de semilla de palma	Aceite de Soya	Aceite de Girasol	Aceite de Colza	Otros aceites vegetales	Aceites y grasas animales	Total
1960	1.26	0.42	3.33	1.79	1.10	8.95	11.18	28.03
1970	1.74	0.38	6.48	3.49	1.83	10.01	14.46	38.39
1980	4.55	0.64	13.32	5.04	3.53	11.17	18.26	56.51
1990	11.01	1.45	16.10	7.87	8.16	15.02	20.20	79.81
2000	21.12	2.64	25.21	9.6	14.4	17.17	21.57	111.71
2010	29.79	3.87	28.16	12.98	23.65	20.69	22.94	142.08
2020	35.69	4.64	34.31	15.86	34.79	25.01	24.00	174.30

### 2.1.2. Desarrollo en Colombia

Colombia es el mayor productor de palma de aceite de Sudamérica, con un área sembrada de 148,000 ha en 1997, alcanzando en el año 2017 un área sembrada de 500.000 hectáreas

aproximadamente (Fedepalma. 2017). Sus plantaciones están ampliamente distribuidas en sus regiones tales como los Llanos Orientales, la parte oriental el valle del Magdalena y en la costa del pacífico (Guerra de la Espriella, 1984). Hay alrededor de 2000 productores, aunque el 50% de estos tienen menos de 5 hectáreas plantadas; pero en 1999 el rendimiento medio nacional estaba en el nivel muy respetable de 3.9 t / ha (Fedepalma, 2017).

Colombia, ha publicado un plan para el desarrollo de la palma aceitera que prevé la expansión a 740,000 ha para 2020 (Fedepalma, 2000), lo que convertiría a Colombia en un importante exportador de productos en palma de aceite (Mesa Dishington, 1998).

### **2.1.3. Clasificación de las palmas de aceite**

La palabra *Elaeis* se deriva del griego (*Elaion*), que significa aceite, mientras que el nombre específico *guineensis* muestra que (Jacquin, 1763), atribuyó su origen a la Costa de guinea. Actualmente hay tres especies aceptadas dentro del género *Elaeis*, los dos primeros *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleífera*, que son las palmas de aceite de África y América. (Jacquin, 1763).

### **2.1.4. Palma del Aceite Africana *Elaeis guineensis***

Es una palma grande que puede llegar alcanzar los 25 metros de altura, presenta hojas pinnadas y tiene un tallo cilíndrico solitario con entrenudos cortos, contiene espinas cortas en el pecíolo de la hoja y dentro del racimo o fruto (Hartley, 1988, p. 48). La palma es normalmente monoica y sus inflorescencias se desarrollan en las axilas de las hojas (Hartley 1988, p. 48). Los pecíolos varían mucho en longitud, pero pueden alcanzar una medida de 1.2 metros (Corley y Gray, 1976a, 1976b). El pecíolo es verde, verde amarillento o amarillo ocre, esta variación en la

coloración parece ser genético, y puede ser útil para poder distinguir entre diferentes clones (Corley y Gray, 1976a).

El número de hojas producidas anualmente por una plantación aumenta entre 30 y 40 hojas entre los 3 primeros años de edad (Corley y Gray, 1976a). A partir de entonces, la producción de hojas disminuye gradualmente, hasta un nivel de 20 a 25 hojas por año a partir de los 8 años en adelante (Corley y Gray, 1976a).

#### **2.1.5. Palma de Aceite Americana *Elaeis oleífera***

Una característica de la palma *Elaeis oleífera* es que el tronco o tallo es mucho más corto en comparación a *Elaeis guineensis*, y el incremento anual de altura puede ser solo de 5 a 10 cm, menos de una quinta parte de la de *E. guineensis* (Hartley, 1988).

La hoja de *E. oleífera* también se distingue fácilmente a comparación de *E. guineensis*, todos los foliolos se encuentran en un plano y no tienen inflamaciones basales en comparación de *E. guineensis* que si presenta (Vallejo y Cassalett, 1975). En buenos ejemplares de *E. oleífera*, los foliolos son más grandes que las de *E. guineensis*, siendo de hasta 1.9m. Largos y 12 cm de ancho (Vallejo y Cassalett, 1975).

### 2.1.6. Híbrido interespecífico *Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis* (OxG)



**Figura 1.** Híbrido interespecífico *Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis* (OxG).

Campo experimental Palmar de la Vizcaína (Barrancabermeja-Santander). Autor: Gil, C. 2019.

El híbrido interespecífico es el resultado del cruzamiento de las especies *Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*, estos materiales comenzaron a ser objeto de estudio en los años setenta, despertando el interés en la comunidad palmera a finales de los noventa, porque algunos cruzamientos mostraron resistencia a la Pudrición del cogollo (PC), y mantenían producciones superiores a 30 (ton) de racimos de fruta fresca por hectárea al año (Genty & Ujueta, 2013).

En 2011, se estimó que el 6,4 % del área sembrada en palma en el país, estaba establecida con materiales híbridos, correspondiente a 24.930 ha, de las cuales el 43% estaba sembrado en la Zona Oriental y el 17% en la Zona Suroccidental (Fedepalma, 2013).

El híbrido tiene hojas que son considerablemente más grandes alcanzando los 7 metros de longitud que los de cualquiera de los dos parentales, y también conserva el arreglo de los folíolos de *Elaeis oleífera* (Corley, R.H.V. 1973). (Hartley, 1988) citó datos no publicados de Tan Y.P. mostrando una mayor producción de hojas en *Elaeis guineensis* que, en el híbrido, pero (Hardon 1969) encontró poca diferencia. El número de folíolos en el híbrido es intermedio entre las especies progenitoras, y el área foliar es mayor en el híbrido que en cualquiera de los padres ya sea *Elaeis oleífera* o *Elaeis guineensis* (Hardon, 1969).

Los granos de polen de *Elaeis oleífera* son principalmente elípticos, no triangulares como las de *Elaeis guineensis*. El polen híbrido, es de forma intermedia y varía mucho en tamaño (Tan, 1985). La fructificación en los híbridos suele ser pobre, es la segunda causa probable de la mala producción de frutos, en el híbrido, las inflorescencias parecen ser menos atractivas para *Elaeidobius kamerunicus*, el gorgojo polinizador (Tan, 1985). A veces se observa un conjunto de frutos razonable en los ensayos con híbridos, pero parece que esto puede ser provocado por la presencia de palmas de *Elaeis guineensis*, y el polen de parcelas vecinas de esa especie. (Tan, 1985).

### **2.1.7. Densidad de siembra**

La densidad de población vegetal es un aspecto importante de estudio en los cultivos, debido a que se encuentra directamente relacionada con eventos fisiológicos que afectan la acumulación de materia seca entre los diferentes órganos, especialmente de aquellos que serán de interés en el momento de la cosecha (Rodríguez, 2000). En el momento en que la densidad de siembra

se incrementa, hay mayor competencia entre las plantas por recursos del medio ambiente como luz, agua y nutrientes (Corley, R.H.V. 1973). Pero la competencia por luz es la más importante ya que es absorbida por las hojas que componen el dosel total de las palmas, comprendido en una unidad de área cuya relación matemática genera el índice de área foliar (IAF), un buen indicador del nivel de competencia entre las plantas (Corley, R.H.V. 1973). En ensayos realizados, Corley et al (1973) encontró que las densidades de siembra adecuadas dependiendo el tipo de suelo o cultivar a sembrar estaban alrededor de 150, 158 y 166 palmas/ha. Corley propuso un punto intermedio de 158 palmas/ ha.

#### **2.1.8. Caracterización morfológica: Emisión Foliar**

La tasa de emisión foliar en palma de aceite se mide como la cantidad de hojas emitidas por año (Rivera, 2009; Peláez *et al.*, 2010; Rivera *et al.* 2013). La emisión de hojas determina el rendimiento de racimos de fruta fresca en un lapso de tiempo corto, ya que a cada hoja le corresponde una inflorescencia cuyo tamaño y desarrollo dependen del estado fisiológico de la palma (Hormaza *et al.*, 2010). Al respecto, (Corley y Tinker, 2009) mencionan que el número de nuevas hojas producidas por cada palma es bajo en el primer año después de la unión de las puntas de las hojas de cada palma, alto (40 hojas/año) dos a tres años después del trasplante, y luego cae constantemente con la edad, estabilizándose desde los 8 a 12 años entre 20 a 25 hojas por año. En cultivares híbridos, (Torres *et al.*, 2004; Zambrano, 2004) reportan una emisión de 22 – 25 hojas/año, y este disminuye durante las épocas de verano en los Llanos Orientales.

(Rivera *et al.* 2013), también determinaron una tasa de emisión foliar en híbridos de diferentes edades en rangos desde 22 hasta 29 hojas/año en el Magdalena Medio.

### **2.1.9. Longitud, folíolos, área y peso seco de la hoja 17**

Para realizar las diferentes mediciones comparativas en palma de aceite, es necesario realizarlas en la hoja número 17 según filotaxia, ya que debido a su estabilidad y posicionamiento en la parte media del total de las hojas presentes en la palma, demuestra gran potencial de nutrientes (Corley y Tinker, 2009). En cuanto a la longitud de la hoja, indica el tamaño de la palma y las densidades óptimas de siembra. Al respecto, (Rivera *et al.* 2013) reportaron un aumento de la longitud de la hoja 17 en relación con la edad que va desde 3 a 7 años, condición natural ya que los cultivares no han llegado a su fase estable en crecimiento y por lo tanto no han alcanzado su máximo potencial productivo.

El área foliar es un excelente indicativo de la capacidad fotosintética de las plantas y está relacionada con el crecimiento y rendimiento de la palma de aceite y otros cultivos (Burstall y Harris, 1983; Xu y Shen, 2002; Awal *et al.*, 2004). (Peláez *et al.* 2010) determinaron que el área foliar es mayor en los híbridos que en la palma africana *E. guineensis* de la misma edad. El peso seco de la hoja refleja la capacidad de crecimiento como consecuencia de la actividad fotosintética y la absorción de nutrientes por las raíces (Coto *et al.*, 2002). El peso seco de la hoja 17 es superior en híbridos OxG que en palma africana *E. guineensis* (Peláez *et al.*, 2010).

## **2.10. Crecimiento y diámetro del estípite**

El crecimiento del estípite de la palma americana y los híbridos interespecíficos es bajo en comparación a el crecimiento de la palma africana, donde en los híbridos su crecimiento va en los tres o cuatro primeros años después del trasplante, y aumenta y se mantiene constante desde los seis años hasta por lo menos 25 años (Corley y Tinker, 2009).

Para híbridos OxG mayores de seis años Rivera *et al.* (2013) encontraron que las tasas de crecimiento del estípite fueron de 12 cm/año, siendo similar a los valores encontrados por (Peláez *et al.* 2010) con 11 cm/año en híbridos de siete años. (Torres *et al.* 2004) estudiaron el crecimiento del estípite de híbridos en los Llanos Orientales sobre siembras 1997-1998, encontrando una tasa de 22 cm/año, inferior a la tasa de crecimiento del estípite para palma africana de la misma edad (50 cm/año), concluyendo que la tasa de crecimiento del híbrido es la mitad del material de palma africana, lo cual permite al híbrido aumentar su vida económica útil. El diámetro del estípite se asume como constante en los ensayos de comparación de materiales genéticos de palma de aceite africana (Corley y Tinker, 2009). (Rivera *et al.* 2013), evaluando el diámetro del estípite en híbridos no encontraron variación significativa entre los materiales a pesar de las diferencias en edad. Los mismos resultados para OxG fueron determinados por (Peláez *et al.* 2010), encontrando un promedio de 47 cm en híbridos de siete años de siembra.

## **3. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1. Localización**

La investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Palmar de la Vizcaína (CEPV), ubicado en el municipio de Barrancabermeja, departamento de Santander (Colombia), a una

altura de 102 msnm, precipitación promedio de 3472 mm año<sup>-1</sup>, temperatura promedio de 29 °C, brillo solar de 2020 horas año<sup>-1</sup> y humedad relativa entre 72 % y 77 %.

### 3.2. Metodología

El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar, con 4 cultivares híbridos, 4 densidades de siembra y 3 repeticiones para cada interacción, donde la unidad principal de respuesta es la densidad de siembra, las parcelas experimentales constan de 40 palmas y las unidades experimentales (U.E.) de 8 palmas.

#### 3.2.1. Identificación de la muestra

La recolección de datos se realizó en el bloque N°4 del CEPV, por medio de dispositivos móviles que presentan un lector de código único de identificación (QR), con el cual identificó las características del ensayo, tales como número de lote, número de línea, número de palma y el tipo tratamiento.

#### 3.2.2. Cultivares evaluados

En el experimento se evaluaron los siguientes cultivares comerciales del híbrido OxG:

- **Cultivar 1:** Híbrido ASD de Costa Rica
- **Cultivar 2:** Híbrido La Cabaña de Colombia
- **Cultivar 3:** Híbrido Unipalma de Colombia
- **Cultivar 4:** Híbrido Indupalma de Colombia

Las densidades de siembra evaluadas fueron:

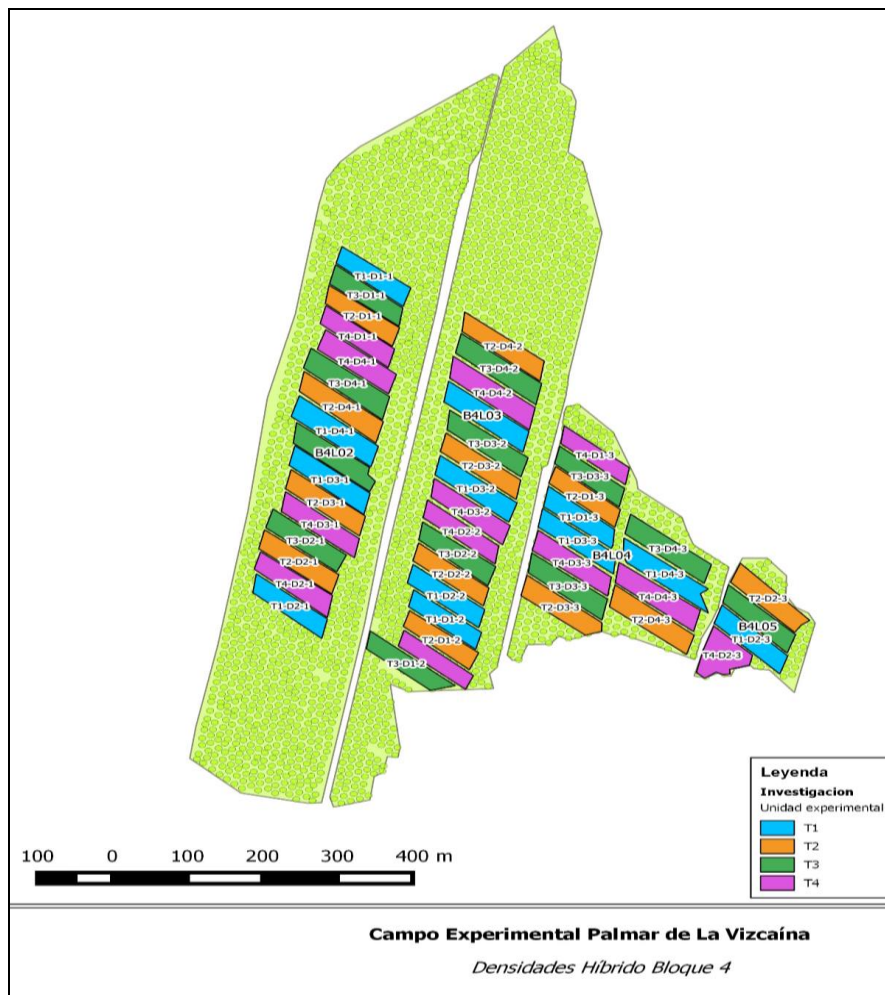
- **Densidad 1:** Distancia de 9 x 9 mt – 143 palmas x Hectarea
- **Densidad 2:** Distancia de 9.5 x 9.5 mt – 128 palmas x Hectarea
- **Densidad 3:** Distancia de 10 x10 mt – 116 palmas x Hectarea
- **Densidad 4:** Distancia de 10.5 x 10.5 mt – 105 palmas x Hectarea

**Tabla 2:** Descripción de cultivares en cada una de las densidades establecidas.

Descripción de tratamientos	Repeticiones
Cultivar 1 – ASD en Densidad 1 (9x9 mt)	1, 2 y 3
Cultivar 1 – ASD en Densidad 2 (9.5x9.5 mt)	1, 2 y 3
Cultivar 1 – ASD en Densidad 3 (10x10 mt)	1, 2 y 3
Cultivar 1 – ASD en Densidad 4 (10.5x10.5 mt)	1, 2 y 3
Cultivar 2 - La Cabaña en Densidad 1 (9x9 mt)	1,2 y 3
Cultivar 2 - La Cabaña en Densidad 2 (9.5x9.5mt)	1,2 y 3
Cultivar 2 - La Cabaña en Densidad 3 (10x10 mt)	1,2 y 3
Cultivar 2 - La Cabaña en Densidad 4 (10.5x10.5 mt)	1,2 y 3
Cultivar 3 - Unipalma en Densidad 1 (9x9 mt)	1,2 y 3
Cultivar 3 - Unipalma en Densidad 2 (9.5x9.5 mt)	1,2 y 3
Cultivar 3 - Unipalma en Densidad 3 (10x10 mt)	1,2 y 3
Cultivar 3 - Unipalma en Densidad 4 (10.5x10.5 mt)	1,2 y 3
Cultivar 4 - Indupalma en Densidad 1 (9x9 mt)	1,2 y 3
Cultivar 4 - Indupalma en Densidad 2 (9.5x9.5 mt)	1,2 y 3

Cultivar 4 – Indupalma en Densidad 3 (10x10 mt)	1,2 y 3
Cultivar 4 - Indupalma en Densidad 4 (10.5x10.5 mt)	1,2 y 3

En la Figura 2 a continuación, se describe la ubicación geográfica de cada uno de los tratamientos que incluye las densidades de siembra y los cultivares comerciales O x G.



**Figura 2.** Distribución de las parcelas en el ensayo de densidades.

### 3.2.3. Variables a evaluar - Parámetros Vegetativos

- Peso seco de la hoja (kg)
- Longitud del raquis (cm)
- Área foliar (m<sup>2</sup>)
- Ancho y profundidad del pecíolo (cm)
- Número total de hojas

Procedimiento para la medición de los parámetros vegetativos no destructivos:

- Localización de la hoja número 17 según la filotaxia de la palma (Figura 3, A).
- Número de folíolos: Se cuenta el número de folíolos de la hoja 17 por el lado de la lámina foliar, en donde los folíolos rudimentarios (espinas) estén más cerca de la base del pecíolo. Los folíolos rudimentarios se tienen en cuenta en el conteo. (Figura 3 C y D).
- Largo del pecíolo y del raquis: Se registró el largo del pecíolo con una cinta métrica o (metro) desde la base (inserción con el estipe o tallo) hasta donde empiezan los folíolos rudimentarios. La longitud del raquis se midió desde donde empiezan los folíolos rudimentarios hasta el ápice de la hoja. (Figura 3 C-D y H).
- Selección de folíolos: Se seleccionaron seis folíolos a cada lado del raquis de la lámina foliar de la hoja 17, localizados en las 3/5 partes de la longitud del raquis (para reducir tiempo en el campo multiplique la longitud del raquis por 0,6. (Figura 3 E).
- De cada lado de la hoja se seleccionaron los tres folíolos más largos y sanos.
- Los seis folíolos seleccionados se doblaron por la parte media en dirección al largo del folíolo; posteriormente, se mide el ancho y el largo en centímetros. (Figura 3 F y G).

- Se mide el ancho y el grosor del pecíolo con un calibrador o pie de rey, ubicándolo al comienzo de los foliolos rudimentarios. (Figura 3 C y D).
- Para determinar el promedio del parámetro peso seco de la hoja en cada una de las densidades, se tomó la sección transversal del peciolo (PxS) y el peso seco de la hoja donde se estimaron utilizando la metodología descrita en Corley et al. (1971).

$$W = 0.102 \text{ PxS} + 0.206$$

**Donde:**

**W** = Peso seco de la hoja (kg)

**PxS** = Es la sección transversal del pecíolo

- El área foliar se estimó usando la fórmula de Hardon et al. (1969).

$$\text{Área (m}^2\text{)} = c (n * l * a)$$

**Donde:**

**c** = Factor de corrección

**n** = Número de foliolos por hoja

**l and a** = Largo y ancho de los foliolos

La importancia de tomar estos parámetros vegetativos radica en determinar la variabilidad, rango de producción y rendimiento de cultivares híbridos *Elaeis oleífera* y *Elaeis guineensis* (OxG).



**Figura 3:** Medidas vegetativas tomadas: (A) Identificación hoja N° 1. (B) Foliolos rudimentarios. (C) Ancho del peciolo. (D) Profundidad del peciolo. (E) Numero de foliolos (F) Ancho de los foliolos. (G) Largo de los foliolos. (H) Longitud del raquis. Autor: Gil, C. 2019.

### 3.2.4. Parametros de rendimiento - Registros de producción

El rendimiento medido en producción de racimos de fruta fresca (RFF) incluye los siguientes parametros:

- **RFF:** Racimos de fruta fresca producidos por palma (kilogramos).
- **NR:** Numero de racimos producidos por palma (unidades).

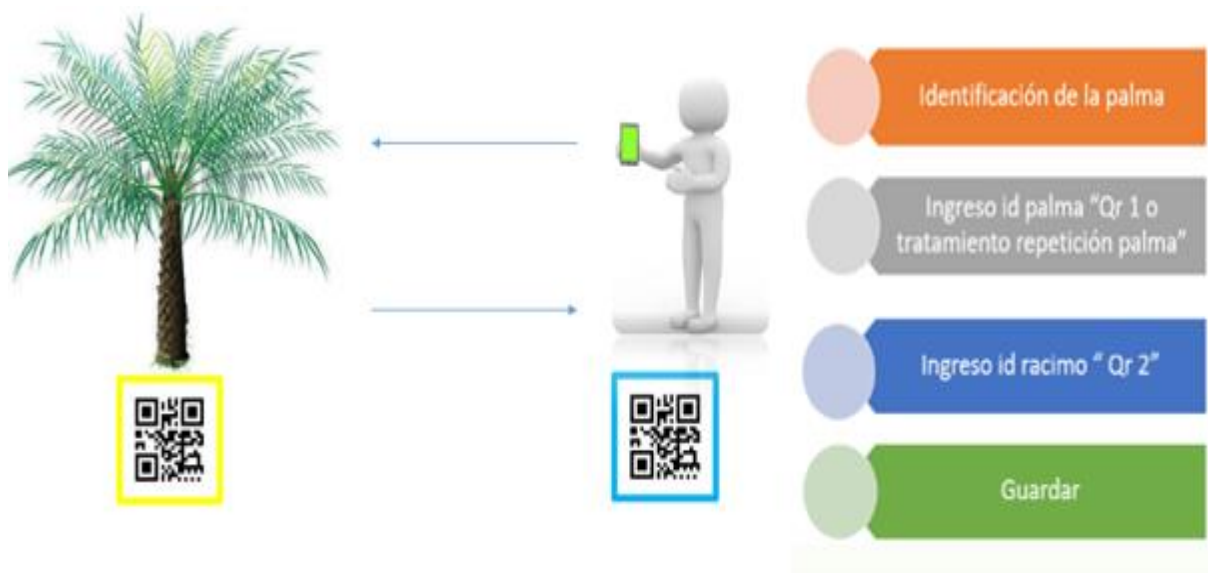
- **PMR:** Peso medio del racimo (kilogramos).
- **Ton:** Toneladas de fruta fresca producidos por palma en una hectarea.

### 3.2.5. Toma de registros de producción en campo

A continuación en la figura 4 a continuación se describe el procedimiento en la captura de información en la fase de campo:

- 1: Ubicación y escaneo de la palma objeto de estudio
- 2: Escaneo y asignación del Código único de identificación (QR).
- 3: Toma de parámetros de respuesta (Rendimiento, medidas vegetativas).

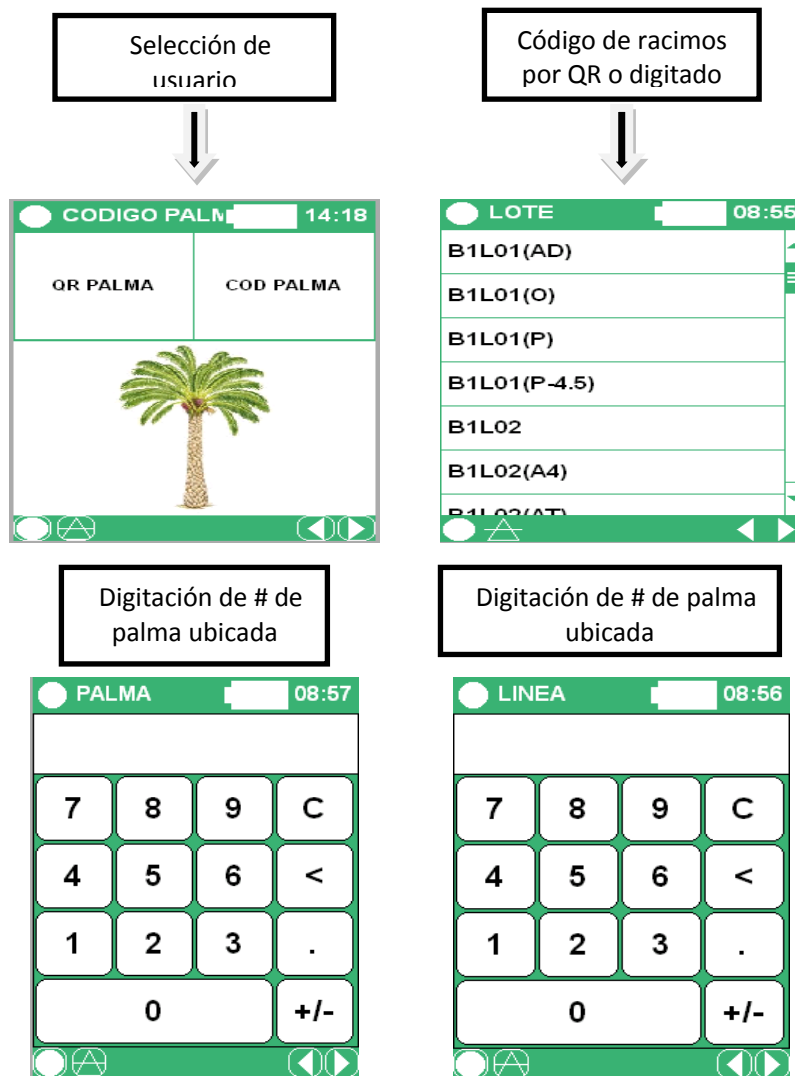
#### Escaneo en palma para registro de rendimiento



**Figura 4:** Proceso de escaneo en campo, utilizando el código único de identificación (QR).  
Autor: Hernández. 2016.

Una vez identificado el experimento, se ingresó la información por medio del formularios digitales específicos para cada parámetro, ingresando por nombre de usuario y posteriormente escaneando el código QR1 de identificación de la palma, que tiene como datos el número de línea donde se encuentra ubicada la palma, numero de palma y tipo de tratamiento, de no ser registrados estos datos por el código QR, se ingresara manualmente por formulario lote, línea, palma como se muestra en los siguientes subprocesos (Hernandez, 2016).

El formulario digital se diseño con la siguiente estructura:



**Figura 5.** Formulario digital con la estructura general para toma de registros de producción.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Toma de registros de producción en campo

Para la captura de la información de los diferentes parámetros medidos en el experimento se utilizaron dispositivos móviles con un código único de identificación (QR) para cada palma que pertenecen a las 48 parcelas demostrativas. Donde por cada parcela demostrativa se tomaron las 8 palmas centrales como unidad experimental (U.E), dando un total de 384 palmas registradas para el ensayo.

### 4.2. Resultados medidas vegetativas

Los resultados que se muestran a continuación hacen referencia a la toma de registros de los parámetros vegetativos para cada cultivar híbrido y distancia de siembra evaluadas (tabla 3).

**Tabla 3:** Promedios vegetativos para cada cultivar y densidad de siembra.

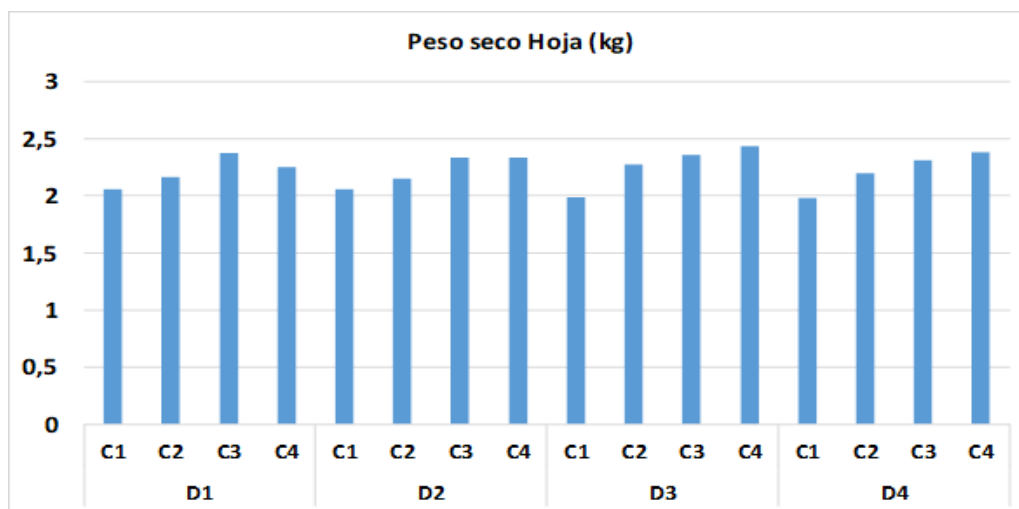
Densidad	Cultivar	Peso seco hoja (kg)	Long. Raquis (cm)	Hojas-Totales (uní)	Área Foliar (mt <sup>2</sup> )	Ancho. Peciolo (cm)	Prof. Peciolo (cm)
9x9	ASD	2,1	404,6	46,5	6,3	5,4	3,3
	La Cabaña	2,2	440,8	45,6	6,4	5,6	3,4
	Unipalma	2,4	459,1	45,3	6,5	5,6	3,7
	Indupalma	2,3	461,0	44,7	6,8	5,5	3,6

<b>Total</b>		<b>2,2</b>	<b>440,8</b>	<b>45,6</b>	<b>6,5</b>	<b>5,5</b>	<b>3,5</b>
9.5x9.5	ASD	2,1	393,5	47,5	6,1	5,4	3,4
	La Cabaña	2,1	453,6	47,1	6,8	5,5	3,4
	Unipalma	2,3	468,3	47,5	7,1	5,6	3,7
	Indupalma	2,3	460,7	49,3	7,2	5,7	3,6
<b>Total</b>		<b>2,2</b>	<b>443,7</b>	<b>47,9</b>	<b>6,8</b>	<b>5,5</b>	<b>3,5</b>
10x10	ASD	2,0	395,4	46,3	6,3	5,1	3,4
	La Cabaña	2,3	443,3	48,6	6,9	5,5	3,7
	Unipalma	2,4	487,3	49,1	6,8	5,6	3,7
	Indupalma	2,4	443,4	48,1	7,4	5,8	3,7
<b>Total</b>		<b>2,3</b>	<b>442,3</b>	<b>48,0</b>	<b>6,8</b>	<b>5,5</b>	<b>3,7</b>
10.5x10.5	ASD	2,0	407,3	48,0	6,2	5,3	3,2
	La Cabaña	2,2	451,5	49,6	7,0	5,6	3,5
	Unipalma	2,3	472,6	47,3	6,5	5,6	3,7
	Indupalma	2,4	460,6	48,3	7,5	5,7	3,7
<b>Total</b>		<b>2,2</b>	<b>448,0</b>	<b>48,3</b>	<b>6,8</b>	<b>5,6</b>	<b>3,5</b>
<b>Total, general</b>		<b>2,2</b>	<b>443,7</b>	<b>47,4</b>	<b>6,7</b>	<b>5,5</b>	<b>3,5</b>

A continuación en la figura 6 se muestra el promedio del parámetro de peso seco de la hoja, en cada una de las densidades de siembra y los cultivares híbridos evaluados, donde para la densidad de 9 mt x 9 mt (D1) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 3 (Unipalma) con 2,4 kg y el valor promedio más bajo lo presenta el cultivar 1 (ASD) con 2.1 kg. Para la densidad de 9.5 mt x 9.5 mt (D2) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 3 y 4 (Unipalma - Indupalma) con valores de 2.3 y 2.3 kg, y el valor promedio más bajo lo presentaron de igual manera el cultivar 1 y 2 (ASD – La Cabaña) con valores de 2.1 y 2.1 kg. Para la densidad de 10 mt x 10 mt (D3) los cultivares que presentan el valor promedio más alto

es el cultivar 3 y 4 (Unipalma - Indupalma) con valores de 2.4 y 2.4 kg, y el valor promedio más bajo lo presento el cultivar 1 (ASD) con un valor de 2.0 kg.

En la última densidad 10.5 mt x 10.5 mt (D4) para el parámetro de peso seco de la hoja en los cultivares Híbridos evaluados, el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 4 (Indupalma) con 2,4 kg, y con el valor promedio más bajo lo presento el cultivar 1 (ASD) con 2.0 kg. Para destacar los resultados relevantes promediados en el peso seco de la hoja, se obtuvieron que la capacidad de crecimiento como consecuencia de la actividad fotosintética es mayor en los cultivares Unipalma y el cultivar Indupalma, proporcionalmente a las densidades de siembra.

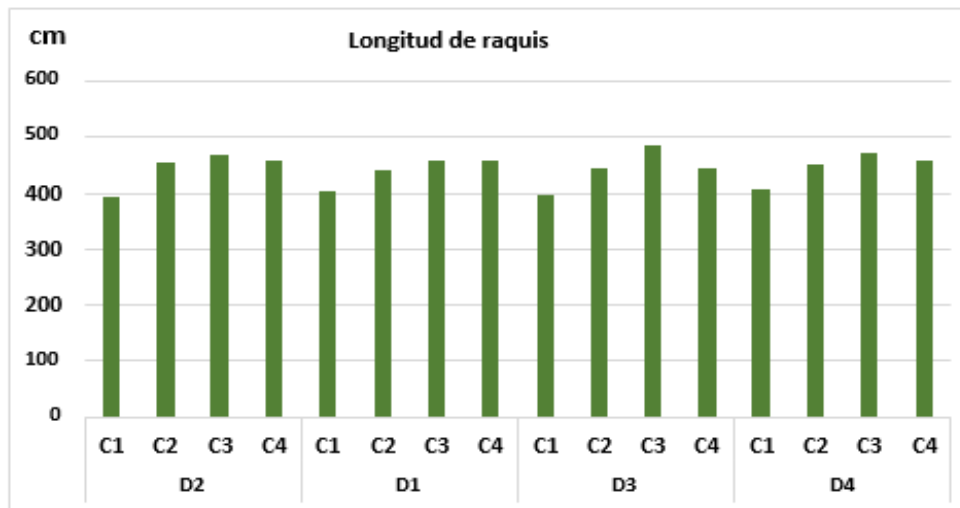


**Figura 6:** Promedio del parámetro vegetativo peso seco hoja en cada densidad

A continuación en la figura 7 se muestra el promedio del parámetro longitud de raquis de la hoja, la cual fue tomada con un instrumento de medición (Metro) a partir de los folíolos rudimentarios

de la hoja 17 como se evidencia en la (figura 3), en cada una de las densidades de siembra y los cultivares Híbridos evaluados, donde para la densidad de 9 mt x 9 mt (D1) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 4 (Indupalma) con 461,0 cm y el valor promedio más bajo lo presenta el cultivar 1 (ASD) con 404,6 cm. Para la densidad de 9.5 mt x 9.5 mt (D2) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 3 (Unipalma) con un valor promedio de 468,3 cm y el valor promedio más bajo lo presenta el cultivar 1 (ASD) con 393,5 cm. Para la densidad de 10 mt x 10 mt (D3) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 3 (Unipalma) con de 487,3 cm y el valor promedio más bajo lo presenta el cultivar 1 (ASD) con 395,4 cm. En la última densidad para el parámetro de longitud de raquis de la hoja en los cultivares Híbridos evaluados, donde para la densidad de 10.5 mt x 10.5 mt (D4) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 3 (Unipalma) con de 472,6 cm y el valor promedio más bajo lo presenta el cultivar 1 (ASD) con 407,3 cm.

Para destacar los resultados relevantes promediados en la longitud del raquis, se obtuvieron que el tamaño de la palma en relación a las densidades de siembra es mayor en los cultivares Unipalma, el cultivar Indupalma y el cultivar La Cabaña, y para el cultivar ASD, demostró un tamaño menor constante en relación a las densidades de siembra.

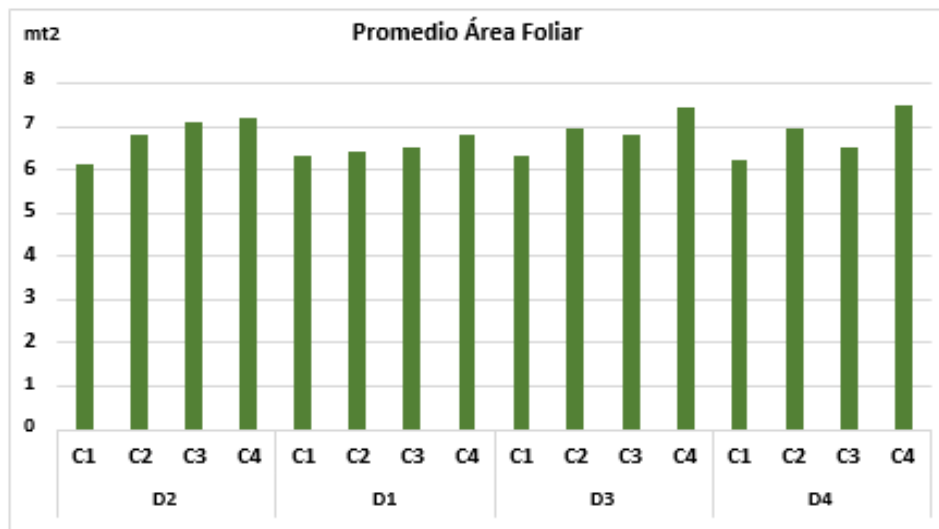


**Figura 7:** Promedio del parámetro vegetativo longitud de raquis en cada densidad.

El área foliar es un excelente indicativo de la capacidad fotosintética de las plantas y está relacionada con el crecimiento y rendimiento de los diferentes cultivares comerciales; En la figura 8 se muestra el promedio del parámetro área foliar, en cada una de las densidades de siembra y los cultivares híbridos evaluados, donde para la densidad de 9 mt x 9 mt (D1) el cultivar que presenta el valor más alto es el cultivar 4 (Indupalma) con un valor de 6,8 mt<sup>2</sup> y el valor más bajo lo presenta el cultivar 1 (ASD) con 6.3 mt<sup>2</sup>.

Para la densidad de 9.5 mt x 9.5 mt (D2) el cultivar que presenta el valor más alto es el cultivar 4 (Indupalma) con un valor 7,2 mt<sup>2</sup> y el valor más bajo lo presenta el cultivar 1 (ASD) con 6.1 mt<sup>2</sup>. Para la densidad de 10 mt x 10 mt (D3) el cultivar que presenta el valor más alto es el cultivar 4 (Indupalma) con un valor de 7,4 mt<sup>2</sup> y el valor más bajo lo presenta el cultivar 1 (ASD) con 6.4 mt<sup>2</sup>. En la última densidad para el parámetro de área foliar de cada palma en los cultivares híbridos evaluados, donde para la densidad de 10.5 mt x 10.5 mt (D4) el cultivar que

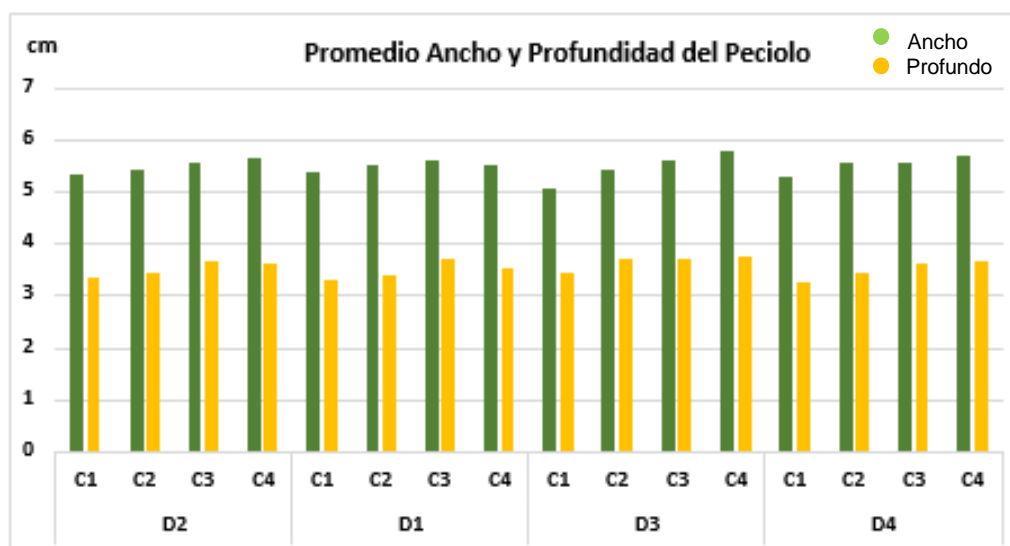
presenta el valor más alto es el cultivar 4 (Indupalma) con un valor de 7,5 mt<sup>2</sup> y el valor más bajo lo presenta el cultivar 1 (ASD) con un valor de 6.2 mt<sup>2</sup>. Para destacar los resultados relevantes promediados en el área foliar, se obtuvieron que en el momento en que la densidad de siembra cambia el comportamiento de cada cultivar es el mismo.



**Figura 8:** Promedio del parámetro vegetativo Área foliar en cada densidad.

A continuación en la figura 9 se muestra el promedio del parámetro ancho y profundo del peciolo de la hoja la cual fue tomado con el instrumento de medición calibrador - pie de rey como se evidencia en la (figura 3); donde la medición es tomada a partir de los folíolos rudimentarios de la hoja N°17 en cada una de las densidades de siembra y los cultivares híbridos evaluados, donde para la densidad de 9 mt x 9 mt (D1) el cultivar que presenta el valor más alto es el cultivar 3 (Unipalma) con un ancho de 5.6 cm y un profundo del peciolo de 3.7 cm, , y el valor más bajo lo presenta el cultivar 1 (ASD) con un ancho 5.4 cm y un profundo del peciolo de 3.3 cm. Para la densidad de 9.5 mt x 9.5 mt (D2) el cultivar que presenta el valor más alto es el cultivar 4

(Indupalma) con un ancho de 5.7 cm y un profundo del peciolo de 3.6 cm, y el valor más bajo lo presenta el cultivar 1 (ASD) con un ancho 5.4 cm y un profundo del peciolo de 3.4 cm. Para la densidad de 10 mt x 10 mt (D3) el cultivar que presenta el valor más alto es el cultivar 4 (Indupalma) con un ancho de 5.8 cm y un profundo del peciolo de 3.7 cm, y el valor más bajo lo presenta el cultivar 1 (ASD) con un ancho 5.1 cm y un profundo del peciolo de 3.3 cm. En la última densidad para el parámetro ancho y profundo de la hoja en los cultivares Híbridos evaluados, donde para la densidad de 10.5 mt x 10.5 mt (D4) el cultivar que presenta el valor más alto es el cultivar 4 (Indupalma) con un ancho de 5.7 cm y un profundo del peciolo de 3.7 cm, y el valor más bajo lo presenta el cultivar 1 (ASD) con un ancho 5.3 cm y un profundo del peciolo de 3.2 cm. Para destacar los resultados relevantes promediados en lo ancho y profundo del peciolo, se evidencio resultados homogéneos en cada uno de los cultivares en relación a las densidades de siembra.



**Figura 9:** Promedio del parámetro vegetativo Ancho y profundo del peciolo en cada densidad.

### 4.3. Resultados parámetros de rendimiento

Para la descripción de los resultados obtenidos, se debe mencionar que la información que se recolecto y se analizó corresponde a 3 años de evaluaciones en el campo; a continuación, se describe la fase de campo en la toma de los registros de rendimiento para cada uno de los parámetros evaluados:

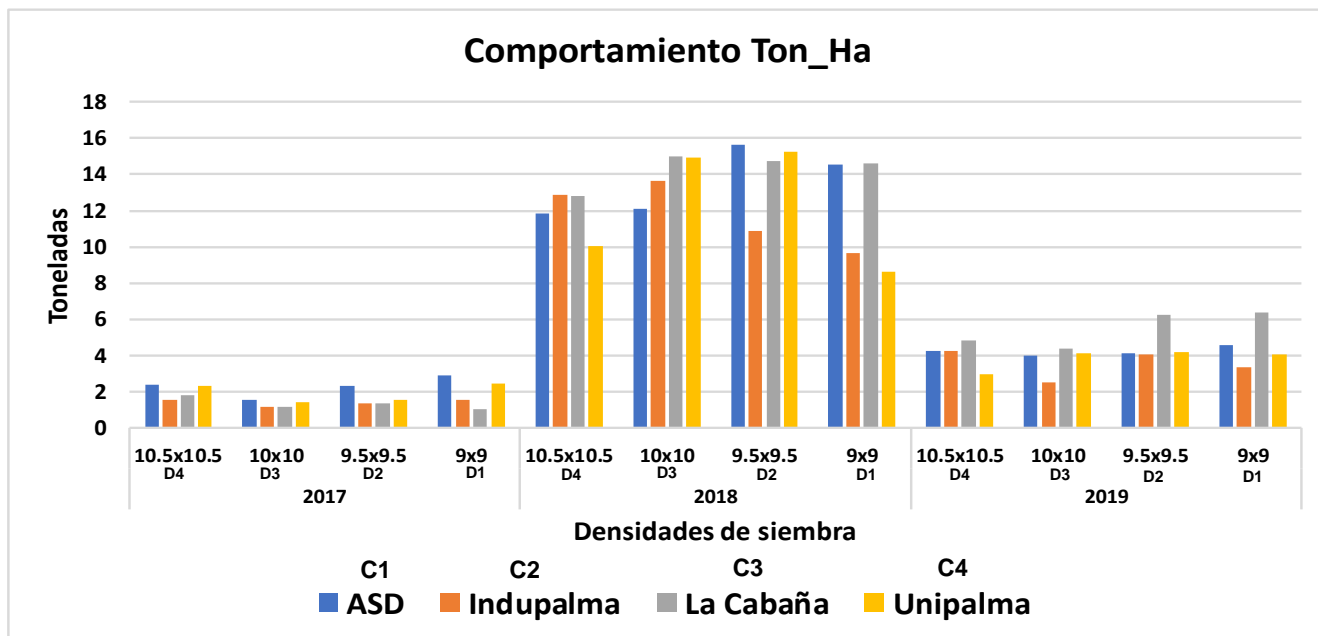
La producción en toneladas de racimos de fruta fresca por hectárea, es el indicativo mas representativo del rendimiento de los diferentes cultivares comerciales, en la tabla 4 y la figura 10 se muestra el promedio de los 4 cultivares en las diferentes densidades de siembra.

**Tabla 4:** Promedio Ton/Ha para cada cultivar y densidad de siembra.

Densidad	Cultivar	2017	2018	2019	Total general
(D4) 10.5x10.5	ASD	2,4	11,9	4,2	6,5
	Indupalma	1,5	12,9	4,3	6,7
	La Cabaña	1,8	12,8	4,8	7,2
	Unipalma	2,3	10,0	2,9	5,8
(D3) 10x10	ASD	1,6	12,1	4,0	6,2
	Indupalma	1,2	13,6	2,5	6,1
	La Cabaña	1,2	15,0	4,4	7,9
	Unipalma	1,4	15,0	4,1	7,4
(D2) 9.5x9.5	ASD	2,3	15,6	4,1	7,6
	Indupalma	1,4	10,9	4,1	5,6
	La Cabaña	1,3	14,7	6,2	9,2
	Unipalma	1,6	15,2	4,2	7,9
(D1) 9x9	ASD	2,9	14,6	4,6	7,8
	Indupalma	1,6	9,7	3,3	4,6
	La Cabaña	1,0	14,6	6,4	8,6
	Unipalma	2,5	8,6	4,0	6,0

A continuación en la figura 10 se muestra el comportamiento del parámetro toneladas por hectárea en cada una de las densidades de siembra y los cultivares híbridos evaluados, tomando registros de producción de los años 2017, 2018 y 2019. Donde para el año 2017 en la densidad de 9mt x 9mt (D1) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 1 (ASD) con 2.9 Toneladas por hectárea de fruta. Para el año 2018 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es ASD y La Cabaña con 14.6 toneladas por hectárea de fruta. Para el año 2019 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña con 6.4 toneladas por hectárea de fruta producida. Para el año 2017 en la densidad de 9.5mt x 9.5mt (D2) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 1 (ASD) con 2.3 Toneladas por hectárea de fruta. Para el año 2018 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es ASD con 15.6 toneladas por hectárea de fruta. Para el año 2019 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña con 6.2 toneladas por hectárea de fruta producida. Para el año 2017 en la densidad de 10mt x 10mt (D3) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 1 (ASD) con 1.6 Toneladas por hectárea de fruta. Para el año 2018 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña e Indupalma con 15 toneladas por hectárea de fruta. Para el año 2019 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña con 4.4 toneladas por hectárea de fruta producida. Para el año 2017 en la densidad de 10.5mt x 10.5mt (D4) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 1 (ASD) con 2.4 Toneladas por hectárea de fruta. Para el año 2018 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es Indupalma con 12.9 toneladas por hectárea de fruta. Para el año 2019 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña con 4.8 toneladas por hectárea de fruta producida. Los resultados generados para el parámetro ton/ha, muestran promedios mayores en el año 2018 para cada uno de los

cultivares en relación con la densidad de siembra, demostrando valores entre 10 a 15 toneladas por hectárea.



**Figura 10:** Comportamiento del parámetro Toneladas por hectárea en cada densidad y para cada cultivar

En la tabla 5 a continuación se observa el promedio del parámetro peso medio de racimo en cada una de las densidades de siembra y cultivar híbrido evaluado.

**Tabla 5:** Promedio Peso Medio Racimo (PMR) para cada cultivar y densidad de siembra.

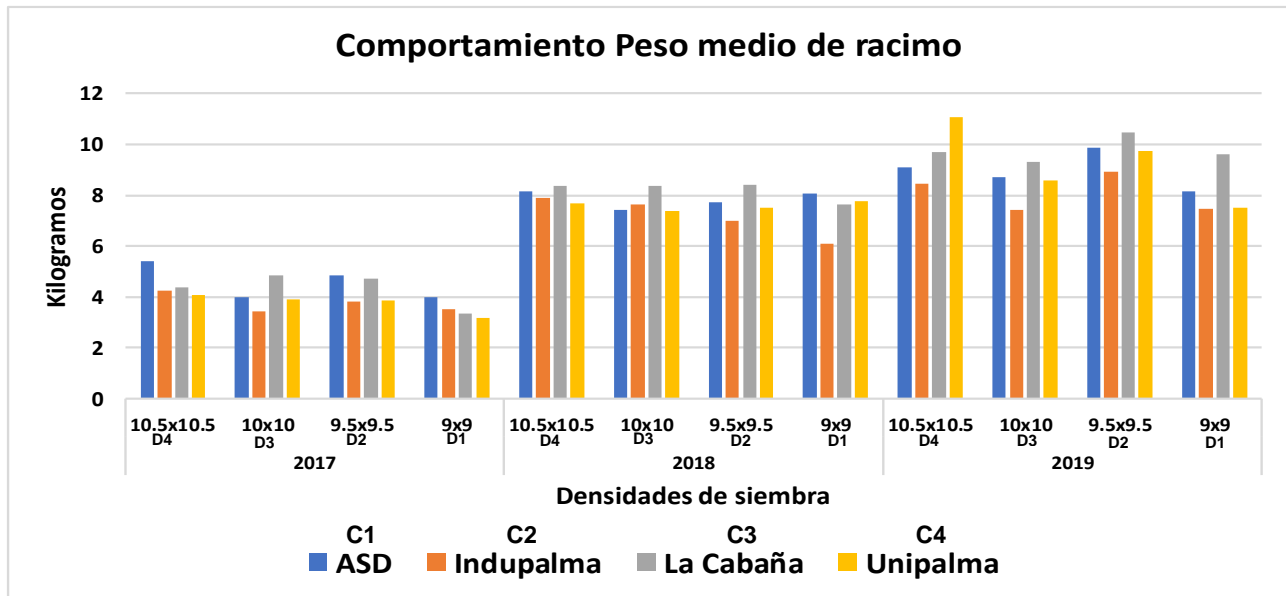
Densidad	Cultivar	2017	2018	2019	Total general
(D4) 10.5x10.5	ASD	5,4	8,2	9,1	7,6
	Indupalma	4,3	7,9	8,5	7,1
	La Cabaña	4,4	8,4	9,7	7,9
	Unipalma	4,1	7,7	11,1	7,4
(D3) 10x10	ASD	4,0	7,4	8,7	6,8
	Indupalma	3,4	7,6	7,4	6,2

	La Cabaña	4,8	8,4	9,3	7,9
	Unipalma	3,9	7,4	8,6	6,6
(D2) 9.5x9.5	ASD	4,8	7,7	9,9	7,4
	Indupalma	3,8	7,0	8,9	6,6
	La Cabaña	4,7	8,4	10,5	8,6
	Unipalma	3,8	7,5	9,7	7,2
(D1) 9x9	ASD	4,0	8,1	8,1	6,8
	Indupalma	3,5	6,1	7,4	6,5
	La Cabaña	3,4	7,7	9,6	7,5
	Unipalma	3,2	7,8	7,5	6,5

A continuación, se describe un promedio general para cada uno de los años evaluados. En la figura 11 se muestra el comportamiento del parámetro peso medio del racimo (PMR) por hectárea en cada una de las densidades de siembra y los cultivares híbridos evaluados, tomando registros de producción de los años 2017, 2018 y 2019. Donde para el año 2017 en la densidad de 9mt x 9mt (D1), el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 1 (ASD) con 4.0 kilogramos por hectárea de fruta. Para el año 2018 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es ASD con 8.1 kilogramos por hectárea de fruta. Para el año 2019 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña con 9.6 kilogramos por hectárea de fruta producida. Para el año 2017 en la densidad de 9.5mt x 9.5mt (D2), el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 1 (ASD) con 4,8 kilogramos por hectárea de fruta. Para el año 2018 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña con 8.4 kilogramos por hectárea de fruta. Para el año 2019 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña con 10.5 toneladas por hectárea de fruta producida. Para el año 2017 en la densidad de 10mt x 10mt (D3) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 1 La Cabaña con 4.8 kilogramos por hectárea de fruta. Para el año 2018 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña con 8.4 kilogramos por hectárea de fruta. Para el año 2019 el

cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña con 9.3 kilogramos por hectárea de fruta producida.

Para el año 2017 en la densidad de 10.5mt x 10.5mt (D4) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 1 (ASD) con 5.4 kilogramos por hectárea de fruta. Para el año 2018 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña con 8.4 kilogramos por hectárea de fruta. Para el año 2019 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es Unipalma con 11.1 kilogramos por hectárea de fruta producida. Los resultados generados para el parámetro peso medio del racimo (PMR), muestran promedios mayores en el año 2019 para cada uno de los cultivares en relación con la densidad de siembra, demostrando valores entre 7 a 11 kilogramos por hectárea.



**Figura 11:** Comportamiento del parámetro Peso Medio del Racimo (PMR) por hectárea en cada densidad.

En la tabla 6 a continuación se observa el promedio del número de racimos producidos por cada palma en cada una de las densidades de siembra y cultivar híbrido evaluado.

**Tabla 6:** Promedio Numero de Racimos (NR) para cada cultivar y densidad de siembra.

Densidad	Cultivar	2017	2018	2019	Total general
(D4) 10.5x10.5	ASD	4,4	14,6	4,5	8,2
	Indupalma	3,3	15,0	4,7	8,1
	La Cabaña	4,0	14,5	4,7	8,3
	Unipalma	4,8	12,5	2,5	7,5
(D3) 10x10	ASD	3,4	14,0	4,0	7,5
	Indupalma	3,0	15,3	3,0	7,4
	La Cabaña	2,1	15,1	4,0	8,1
	Unipalma	3,4	17,8	4,2	9,2
(D2) 9.5x9.5	ASD	3,6	15,5	3,1	7,7
	Indupalma	2,6	12,3	3,5	6,4
	La Cabaña	2,2	13,8	4,4	8,2
	Unipalma	2,9	15,7	3,4	8,2
(D1) 9x9	ASD	4,5	12,8	4,0	7,4
	Indupalma	3,3	11,1	3,0	5,1
	La Cabaña	2,3	13,2	4,5	7,5
	Unipalma	4,5	8,1	3,5	6,1

A continuación, se describe un promedio general para cada uno de los años evaluados. En la figura 12 se muestra el comportamiento del parámetro número de racimos (NR) por hectárea en cada una de las densidades de siembra y los cultivares híbridos evaluados, tomando registros de producción de los años 2017, 2018 y 2019. Donde para el año 2017 en la densidad de 9mt x 9mt (D1), el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar ASD y Unipalma con 4.5 unidades de fruta. Para el año 2018 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La

Cabaña con 13 unidades de fruta. Para el año 2019 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña con 4.5 unidades de fruta producida. Para el año 2017 en la densidad de 9.5mt x 9.5mt (D2), el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar (ASD) con 3.4 unidades de fruta. Para el año 2018 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es ASD y Unipalma con 15 unidades de fruta. Para el año 2019 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña con 4.4 unidades de fruta producida. Para el año 2017 en la densidad de 10mt x 10mt (D3) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar ASD y Unipalma con 3.4 unidades de fruta.

Para el año 2018 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es Unipalma con 18 unidades de fruta. Para el año 2019 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es Unipalma con 4.2 unidades de fruta producida. Para el año 2017 en la densidad de 10.5mt x 10.5mt (D4) el cultivar que presenta el valor promedio más alto es el cultivar 1 (ASD) con 5.4 unidades de fruta. Para el año 2018 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es La Cabaña con 8.4 unidades de fruta. Para el año 2019 el cultivar que presenta el valor promedio más alto es Unipalma con 11.1 unidades de fruta producida.

Los resultados generados para el parámetro número de racimos (NR), muestran promedios mayores en el año 2018 para cada uno de los cultivares en relación con la densidad de siembra, demostrando valores entre 8 a 15 unidades.

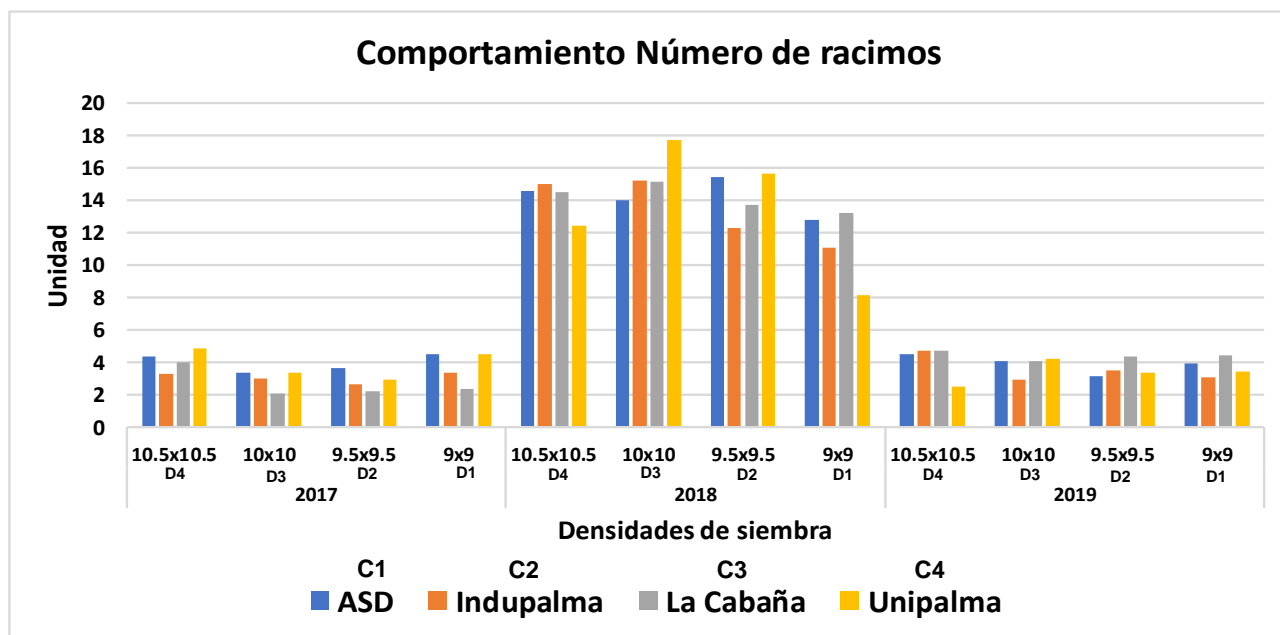


Figura 12: Comportamiento del parámetro Numero de Racimos (NR) en cada densidad.

## 5. ANALISIS ESTADISTICO

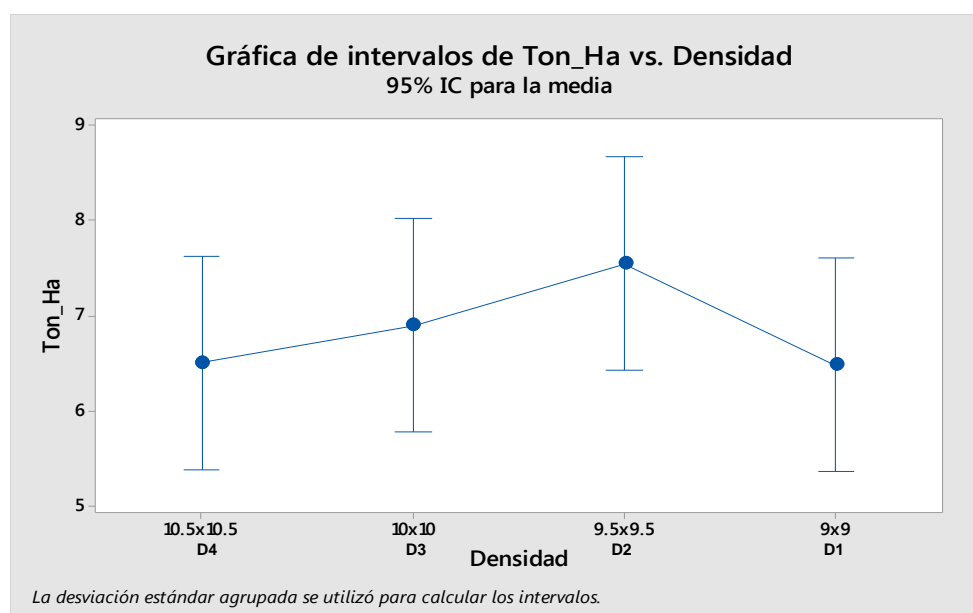
A continuación, se presenta el análisis de varianza (ANOVA) realizado al parámetro de Toneladas por hectárea (Ton/Ha) vs. Densidad

Tabla 7: Análisis de Varianza ton/ha vs Densidad

FUENTE	GL	SC AJUST.	MC AJUST.	VALOR F	VALOR P
DENSIDAD	3	8.891	2.964	0.80	0.499
ERROR	44	162.362	3.690		
TOTAL	47	171.253			

Para el parámetro de respuesta toneladas de fruta por hectárea No se presentaron diferencias estadísticas significativas a una significancia del 95%.

A continuación en la figura 13 se observan los promedios generales del rendimiento expresado en toneladas por hectárea de racimos de fruta fresca, donde para la densidad de 9mt x 9mt (D1), el promedio general es igual a 6.4 ton/ha de racimo de fruta fresca. Para la densidad de 9.5mt x 9.5mt (D2), el promedio general es igual a 7.5 ton/ha de racimos de fruta fresca. Para la densidad de 10mt x 10mt (D3), el promedio general es igual a 6.9 ton/ha de racimos de fruta fresca. Para la densidad 10.5mt x 10.5mt (D4), el promedio general es igual a 6.5 ton/ha de racimos de fruta fresca.



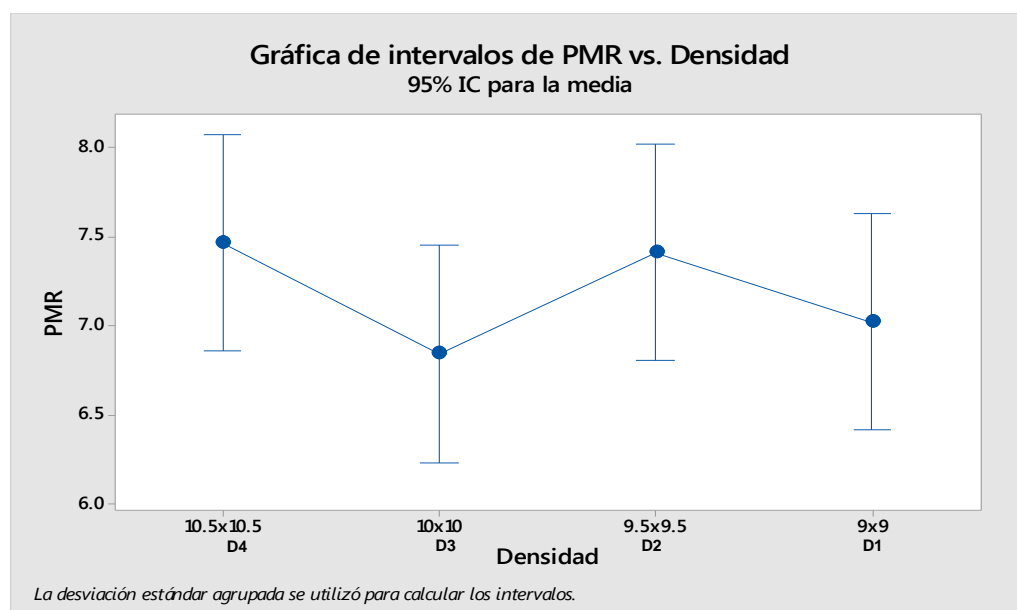
**Figura 13:** Comportamiento del parámetro toneladas de fruta por hectárea.

A continuación, se presenta el análisis de varianza (ANOVA) realizado al parámetro de peso medio de racimo (PMR) vs. Densidad

**Tabla 8:** Análisis de Varianza peso medio del racimo (PMR) vs Densidad

FUENTE	GL	SC AJUST.	MC AJUST.	VALOR F	VALOR P
<b>DENSIDAD</b>	3	3.293	1.098	1.00	0.401
<b>ERROR</b>	44	48.158	1.094		
<b>TOTAL</b>	47	51.451			

Para el parámetro de respuesta toneladas de fruta por hectárea No se presentaron diferencias estadísticas significativas a una significancia del 95%. A continuación en la figura 14 se observan los promedios generales del comportamiento del peso medio de racimo en cada una de las densidades de siembra evaluadas, donde para la densidad de 9mt x 9mt (D1), el promedio general es igual a 7 kg/ha de fruta producida. Para la densidad de 9.5mt x 9.5mt (D2), el promedio general es igual a 7.4 kg/ha de fruta producida. Para la densidad de 10mt x 10mt (D3), el promedio general es igual a 6.8 kg/ha de fruta producida. Para la densidad 10.5mt x 10.5mt (D4), el promedio general es igual a 7.5 kg/ha de fruta producida.



**Figura 14:** Comportamiento del parámetro peso medio de racimo.

A continuación, se presenta el análisis de varianza (ANOVA) realizado al parámetro número de racimos (NR) vs. Densidad

**Tabla 9:** Análisis de Varianza número de racimos (NR) vs Densidad

FUENTE	GL	SC AJUST.	MC AJUST.	VALOR F	VALOR P
<b>DENSIDAD</b>	3	27.95	9.316	4.30	0.010
<b>ERROR</b>	44	95.29	2.166		
<b>TOTAL</b>	47	123.24			

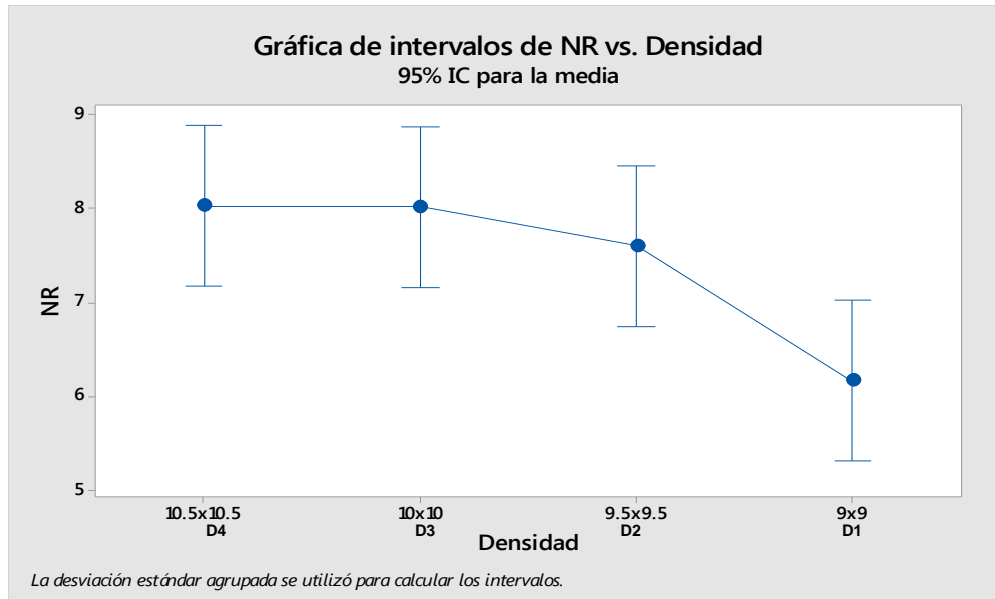
Para el parámetro de respuesta número de racimos presentaron diferencias estadísticas significativas a una significancia del 95%. Al observar las diferencias estadísticas se realizó una comparación de promedio mediante la prueba de Tukey, en la siguiente tabla siguiente presenta los resultados obtenidos.

**Tabla 10:** Comparación de promedios

DENSIDAD	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
<b>(D4) 10.5X10.5</b>	12	8.033	A
<b>(D3) 10X10</b>	12	8.027	A
<b>(D2) 9.5X9.5</b>	12	7.610	A B
<b>(D1) 9X9</b>	12	6.173	B

La densidad de siembra 10.5x10.5 que corresponde a 105 palmas por hectárea mostró el valor mas alto de numero de racimos (8) producidos por cada palma; en contraste la densidad de siembra de 9x9 que corresponde a 143 palmas por hectárea presentó el valor más bajo para este parámetro con 6 racimos producidos por palma.

A continuación en la figura 15 se muestra el comportamiento del parámetro número de racimo para cada densidad de siembra evaluada.



**Figura 15:** Comportamiento del parámetro número de racimos.

## 6. DISCUSION

El área foliar es un excelente indicativo de la capacidad fotosintética de las plantas y está relacionada con el crecimiento y rendimiento de la palma de aceite y otros cultivos (Xu y Shen, 2002; Awal et ál., 2004; Burstall y Harris, 2004) sin embargo Vallejo, G. 1976, realizó estimaciones del área foliar en híbridos, encontrando que al aumentar el area foliar se incrementa en forma significativa el peso de los racimos, pero a su vez disminuye la proporción de frutos en el mismo, indicando que no siempre una mayor área foliar refleja un buen rendimiento. Aunque el análisis estadístico en cuanto al peso medio del racimo (PMR) no mostró diferencias significativas, se puede apreciar que el area foliar de los cuatro híbridos es homogénea, aun así

demostrando valores promedio más altos en el cultivar híbrido Indupalma con 7.5mt<sup>2</sup> y el promedio más bajo lo presento el cultivar híbrido ASD con 6.2 mt<sup>2</sup> (Figura 8). Una reducción del area foliar se atribuye a las alteraciones estructurales anatómicas y morfológicas de la hoja de cada cultivar por el aumento en la concentración de nutrimentos y el peso seco de esta (Ayala, 2000; Santamaría et ál., 2000; Pérez et ál., 2004).

El peso seco de la hoja refleja la capacidad de crecimiento como consecuencia de la actividad fotosintética y la absorción de nutrientes por las raíces (Coto et al., 2002), es congruente el peso seco de la hoja 17 donde se confirma un promedio mayor de acumulación de biomasa en los cultivares La cabaña, Unipalma e Indupalma; el promedio más bajo lo presenta el cultivar ASD a diferencia de los otros cultivares.

En los tres años de evaluaciones realizadas en campo, se observa que a mayor densidad de siembra, se presentan mejores rendimientos. Esto fue confirmado por MPOB 2002, donde para palmas que han venido produciendo durante trece años, los rendimientos promedios fueron 21, 26 y 29 t/ha/año para densidades de 120, 160 y 200 palmas/ha respectivamente, y el rendimiento promedio anual de racimos de fruta fresca (RFF) fluctúa entre 16 t/h a y 22 t/ha; lo anterior concuerda con resultados obtenidos en cuanto al rendimiento promedio anual expresado en racimos de fruta fresca (RFF) ya que fluctúa entre 10 y 15 t/ha/año para los cultivares La Cabaña e Indupalma en las densidades 116 (D3) y 128 (D2) palma/ha, por lo que según MPOB 2002, este resultado se puede presentar por el estado fisiológico del cultivo actual, teniendo en cuenta que lleva un tiempo de haber sido establecido de 5 años (Fedepalma, 2008).

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas para los parámetros de rendimiento Ton/ha y peso medio de racimo (PMR) para las densidades de siembra, por lo que concuerda con lo mencionado según resultados de Corley 1976, en Malasia, se espera que a partir del sexto o séptimo año de siembra los cultivares híbridos OxG que son plantados a distintas densidades de siembra presenten un mayor rendimiento. Por otro lado los análisis estadísticos mostraron diferencias estadísticas significativas para el parámetro de número de racimos producidos por cada palma, donde para la densidad de 105 (D4) palmas por hectárea mostró el valor más alto de número de racimos (8) producidos por cada palma en el periodo de un año; en contraste a la densidad de 143 (D1) palmas por hectárea que presentó el valor más bajo para este parámetro con 6 racimos producidos por palma en el periodo de un año, este resultado puede variar según Hormaza et al., 2010, debido a que la producción de hojas determina el rendimiento de racimos, teniendo en cuenta que cada hoja porta en su axila una inflorescencia en ausencia de abortos, y si se presenta una mala aplicación en cuanto a la polinización asistida, el número de racimos puede reducirse.

La palma de aceite es una planta perenne donde su producción máxima se estabiliza entre los siete u ocho años de haber sido establecido el cultivo en campo (Reyes, R. A. 1988). En cultivos jóvenes (de 3 a 6 años), que aún no han normalizado la producción, son palmas que producen varios racimos de bajo peso, donde sólo el 50% está en ciclo productivo (Fedepalma, 2008). Para cultivos mayores de (7 a 20 años), se alcanza la máxima producción del cultivo, aunque disminuye el número de racimos, lo que significa que cada palma aporta una producción anual de un racimo en promedio por mes (Fedepalma, 2008).

Lo mencionado anterior soporta los resultados obtenidos en esta etapa de la investigación, ya que el análisis estadístico mostro diferencias estadísticas significativas para el parámetro de número de racimos producidos por cada palma (NR), presentándose las diferencias en las diferentes densidades de siembra en evaluación; 6 racimos producidos por palma para la densidad de 105 (D4) palmas por hectárea, frente a 8 racimos producidos por palma para la densidad de 143 (D1) palmas por hectárea en el periodo de un año.

Hasta el momento los resultados obtenidos hace referencia a la etapa juvenil de desarrollo de cada uno de los cultivares en evaluación, los parámetros de rendimiento presentan una tendencia no estable en cada densidad de siembra, que permitan realizar los análisis finales de la investigación; más sin embargo los análisis descritos en la parte de resultados y discusión pueden servir de referencia para observar alguna tendencia en lo que se pueda llegar a presentar en la etapa adulta de los diferentes cultivares.

## CONCLUSIONES

1. A la fecha no se puede establecer una densidad de siembra óptima para cada cultivar ya que por el momento y los cortos periodos de evaluación no se registra la interacción densidad cultivar bien definidas.
2. Hasta la fecha, después de 3 años de registros de producción no se evidencia diferencias entre las densidades de siembra establecidas para cada cultivar comercial OxG, excepto en la variable de número de racimos generados por palma, que demostró una diferencia significativa con un total de 8 racimos producidos por palma durante el periodo de un

año, esto se debe a que los altos valores de unidades de racimo están relacionados con la competencia por luz y el crecimiento vegetativo de cada cultivar.

### **RECOMENDACIONES**

- Basado en los datos preliminares que se presentan, se hace necesario continuar con los registros de rendimiento y variables vegetativas para alcanzar las etapas altas de productividad de cada cultivar, y de esta manera poder observar si existen diferencias entre las densidades de siembra establecidas.
- Realizar los análisis de la relación de la densidad de siembra utilizada y el cultivar híbrido; ya que por el momento y los cortos periodos de evaluación no se registran la interacción de estas dos condiciones.

### **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al centro de investigación en palma de aceite Cenipalma, por haberme brindado la oportunidad de realizar mi pasantía universitaria, viviendo el ámbito laboral para la formación personal y profesional. Un reconocimiento cariñoso al personal del programa de biología y mejoramiento que a través de su constancia y trabajo me brindaron día a día parte de su experiencia y conocimiento en el cultivo, también extendiendo mi gratitud al Doctor Iván Ayala y al Ingeniero Andrés Tupaz, ya que con conocimientos, paciencia y acertada orientación permitieron que este trabajo de investigación se realizara con éxito.

## REFERENCIAS

Arango, L (2008). Historia Palma Colombia-[en línea) disponible en internet, URL:<http://www.org/blaavirtual/historia/>.

Ayala, I. (2000). Identificación de variables morfológicas y fisiológica asociadas con el rendimiento en materiales de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Palmas. 21 (número especial Tomo II): 10-21.

Barba, J.; Orellana, F.; Vallejo, G.; Manzano, R. (2010). Evaluación agronómica de híbridos interespecíficos de palma de aceite OxG (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*) provenientes de diversos orígenes americanos y su tolerancia a la pudrición del cogollo. Primera parte. Palma (Ecuador), (3):11-15.

Breure, C.J. (1977). Preliminary results from an oil palm density x fertilizer experiment on young volcanic soils in West New Britain. In: International Developments in Oil Palm. 192-207.

Burstall, L.; Harries, PM. (1983). The estimation of percentage light interception from leaf area index and predicted from percentage ground cover in potatoes. J. Agric. Sc. (Malaysia) 100: 241-244

Castillo, E. (1997). Interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y su relación con el área foliar de coffea arábica. Cenicafé. 48:3, p.182-194.

Chaparro, F., & Romero, H. (2012). Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Bogota Colombia: Fedepalma.

Chinchilla, C. (2010). Las pudriciones del cogollo en palma aceitera: la complejidad del desorden y una guía de convivencia. ASD Costa Rica-Palma Tica 1:1- 22.

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

Corley, R.H.V. (1973) effect of planting density on growth and yield of the oil palm. *Experimental Agriculture* No. 9. 169-180.

Corley, R.H.V. (1976). Photosynthesis and productivity. In *Oil Palm Research*, Amsterdam, 283-292.

Corley, R H V (1977) Oil palm planting density and thinning of mature plantings. *The Planter*, 53, 349 – 359.

Corley, R.H.V. (1973). Effects of plant density on growth and yield of oil palm. *Experimental Agriculture (Reino Unido)* v.9, p.169-180.

Corley R.H.V. & Gray B.S. (1976a) Growth and morphology. In *Oil palm research* (Ed. by R.H.V. Corley, J.J. Hardon & B.J. Wood), pp. 7–21, Elsevier, Amsterdam [2.2.1.4; 4.1.4.2; 4.2.1.1; 4.3.5.3]

Corley R.H.V. & Gray B.S. (1976b) Yield and yield components. In: *Oil palm research* (Ed. by R.H.V. Corley, J.J. Hardon & B.J. Wood), pp. 77–86, Elsevier, Amsterdam [2.2.2.1; 2.2.2.2; 2.2.2.7; 4.4.4; 4.4.7; 5.3.3.2]

Corley, R., Tinker, P. (2003). *The Oil Palm*, 4th ed. Blacwell Science, UK.

Corley, J.J. Hardon, B.J. (1976). Photosynthesis and productivity. In *Oil Palm Research*. Elsevier, Amsterdam. p.55-76.

Corley, J.J. Hardon, B.J. (1983). Potential productivity of tropical Planting Density. In *Developments in Crop Science 1. Oil palm Research*. (editors) pp 270-273

Corley, RHV; Breure. C. (1981). Measurements of oil palm experiments (internal report). London Unilever Plantation Group 35p. Donough, CR; Betty Kwan. 1991. Oil palm planting density: Results from trials in Sabah and the possible options. *The Planter*, 67(787):483-507.

Corley, R. y P. Tinker. (2009). La palma de aceite. Primera publicación en español (4a edición en inglés). Federación Nacional de Cultivadores de Palma de aceite Fedepalma. Bogotá D.C. 604 páginas.

Coto, E., C. Chinchilla, J. Bulgarlli y T. Palma. (2002). Crecimiento vegetativo en previvero de cinco cruces comerciales de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq). *ASD Oil Palm Papers* (Costa Rica) 23, 14-19.

Drenth, A. y Sendall, B. (2001). Practical guide to detection and identification of Phytophthora. CRC for Tropical Plant Protection. Brisbane, Australia. 41p.

Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite-Estadística- [en línea] (2008), disponible en internet, URL:<http://www.Fedepalma>.

Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite - Fedepalma. (2017). Anuario Estadístico 2017. Bogotá

Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite - Fedepalma. (2014). Anuario Estadístico 2014. Bogotá

García, Luis. (2006). Generalidades de la palma. Presentación digital.

Genty, P. y Ujueta, M. (2013). Relatos sobre el híbrido interespecífico de palma de aceite O x G Coari x La Mé, esperanza para el trópico. Bogotá: Fedepalma.

Goh, KH. (1977). A systematic design for oil palm spacing trials. In: International Developments in Oil Palm (Earp; Newall, eds). Pp 168-182.

G.R. Squire and R.H.V. Corley (1973). Unifield T.C. Limited, Unit I, St. Martins Ways, Industrial Estate, Cambridge Road, Bedford MK42 OLG, England, U.K.

G.R. Squire and R.H.V. Corley (1977). Unifield T.C. Limited, Unit I, St. Martins Ways, Industrial Estate, Cambridge Road, Bedford MK42 OLG, England, U.K.

Hardon J.J., Williams C.N. & Watson I. (1969). Leaf area and yield in the oil palm in Malaya. *Expl Agric.*, 5, 25–32 [4.1.3; 4.1.4.2; 4.3.5]

Hartley C.W.S. (1977). The oil palm, 2nd edn, Longman, London.

Hartley C.W.S. (1988). The oil palm, 3rd edn, Longman, London.

Hernández, N. P. (2016). Disminución de errores en el registro de producción en el programa de mejoramiento genético de la palma de aceite en Cenipalma, Barrancabermeja-Santander.

Hormaza, P., D. Forero, R. Ruiz y H. Romero. (2010). Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), y del híbrido interespecifico (*Elaeis oleífera* [Kunt] x *Elaeis guineensis* [Jacq]). Primera Edición. Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias y Centro de investigación en palma de aceite – Cenipalma, Bogotá D.C.

Jacquin N.J. (1763) *Selectarum stirpium*. Americanarum historia. [2.1; 2.2]

Martínez, G. (2009<sup>a</sup>). Identificación temprana y manejo integrado de la Pudrición del cogollo. *Palmas*, 30(2):63-77.

Martínez, G. (2009b). Bod rot, Sudden wilt, Red ring and Lethal wilt on oil palm in America. In: International Workshop on awareness, detection and control of oil palm devastating diseases. Kuala Lumpur, Malaysia.

Martínez, G., Arias, N., Sarria, G.A., Aldana, R., Martínez, L.C., Moya, O. y Burgos, C. (2008a) Prácticas de manejo de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite. Cartilla Cenipalma, ISBN: 978-958-8360-04-1. 12p.

Martínez, G., Sarria, G., Torres, G., Aya, H.A., Ariza, J., Rodríguez, J., Sanz, J.I. (2008b) *Phytophthora sp.*, es el responsable de las lesiones iniciales de la Pudrición del cogollo de la palma de aceite en Colombia. VIII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Compensar. 22-24 de septiembre. Bogotá.

Martínez, G., Rodríguez, J., Vélez, D.C., Mestizo, Y.A., Aya, H.A., Noreña, C.A. y Varón, F. (2010). Proceso de infección de *Phytophthora palmivora* en palma de aceite en Colombia. IX Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite. Septiembre 27- 29.

Mesa Dishington J. (1998). A competitive oil palm development model for Colombia. Palmas (Bogota), 19 (Special no.), 18–28 [1.4.3.9].

MPOB (2002). Malaysian Oil Palm Statistics 2001. 21st edition, Kelana Jaya , MPOB. 180 pp.

Peláez, E., D. Ramírez y G. Cayón. (2010). Fisiología comparada de palmas africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), americana (*Elaeis oleífera* H.B.K. Cortés) e híbridos (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*) en Hacienda La Cabaña. Palmas 31(2), 29-38.

Pérez, J.; García, E.; Enríquez, J.; Quero, A.; Pérez, J.; Hernández, A. (2004). Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de Brachiaria Híbrido. Tec. Pecu. Mex. 42 (3): 447-458

Reyes, R. A. (1988). Organización de trabajo en campo del cultivo de la palma de aceite. En: III Encuentro Nacional sobre Palma Aceitera. Santa Marta. Memorias, Fedepalma, Bogotá, p.56-84.

Rivera, Y. (2009). Caracterización fisiológica y morfológica de palmas americanas de aceite (*Elaeis oleífera* H.B.K. Cortés) y sus híbridos (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*) de la plantación Indupalma. Tesis para optar al título de Ingeniería Agrónoma. Facultad de Agronómica. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. 123 páginas.

Rivera, Y., G. Cayón y J. López. (2013). Physiological and morphological characterization of American oil palms (*Elaeis oleifera* HBK Cortes) and their hybrids (*Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*) on the Indupalma plantation. *Agronomía Colombiana* 31(3), 316-325.

Rodríguez, L. (2000). Densidad de población vegetal y producción de materia seca. *Revista COMALFI* 27(1-2), 31-38.

Romero, H. M. (2013). Hacia la obtención de materiales genéticos resistentes a las enfermedades de la palma de aceite en Colombia. XI Reunión Técnica Nacional de palma de aceite, (p. 43). Bogotá.

Santamaría, M.; Villegas, A.; Colinas, M.; Calderón, G. (2000). Peso específico, contenido de proteína y clorofila en hojas de naranjo y tangerino. *Agrociencia* 34: 49-55.

Silva C., A. and G. Martínez L. (2009). Plan nacional de manejo de la pudrición del cogollo Fedepalma - Cenipalma. *Palmas* 30, 97-121.

Tailliez B. (1971). The root system of the oil palm on the San Alberto plantation in Colombia. *Oléagineux*, 26, 435 – 448 [2.2.1.5; 3.2.2.2; 4.1.2.3]

Tan Y.P. (1985). Weevil pollination in the *Elaeis oleifera* \_ *Elaeis guineensis* hybrid. In: Proc. Symp. 'Impact of the pollinating weevil on the Malaysian oil palm industry', pp. 34– 40, Palm Oil Res. Inst. Malaysia, Kuala Lumpur [2.4]

Torres, M., L. Rey, F. Gelves y L. Santacruz. (2004). Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* en la plantación Guaicaramo S.A. Palmas 25 (No especial, Tomo II), 351-357.

Vallejo, R. G. (1980). La semilla de palma africana de aceite. Rev. Palmas. Fedepalma, No. 1 pp. 19-25.

Vallejo G. & Cassalet C. (1975). Perspectivas del cultivo de los híbridos interspecificos de noli (*Elaeis oleifera* (H.B.K.Cortes) palma africana de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia. Revista Inst. Colomb. Agropec., 10, 19–35 [2.3.2; 2.4].

Vallejo, G. (1976). Estudio de poblaciones espontáneas de la palma Nolí *Elaeis oleifera* en Colombia. Tesis de Maestría. Programa de Estudios para Graduados PEG - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 84 p

Xu, D-Q; Shen Y-G. (2002). Photosynthetic efficiency and crop yield. En: Pessaraki, M (ed.). Handbook of Plant and Crop Physiology. Marcel Dekker Inc., Nueva York: 821-834.

Zambrano R., Jorge. (2004). Híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* Jacq. Una alternativa de renovación para la Zona Oriental de Colombia. Palmas 25 (2): 339-349.