

**CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR MORFOLÓGICA Y FISIOLÓGICA
DE 16 MATERIALES DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis spp.*).**

OSCAR CAMILO ROJAS CLAVIJO

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

2015

**CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR MORFOLÓGICA Y FISIOLÓGICA
DE 16 MATERIALES DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis spp.*)**

OSCAR CAMILO ROJAS CLAVIJO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
Ingeniero Agrónomo

Director:

JULIÁN FERNANDO CÁRDENAS HERNÁNDEZ

IA., M.Sc. Fisiología Vegetal

Co-director:

CARLOS ENRIQUE CASTILLA CAMPOS

IA., M.Sc.-, Ph. D. Ciencias del Suelo

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

2015

Contenido

1	Resumen.....	1
2	Abstract.....	1
3	Introducción.....	2
4	Objetivos	5
4.1	General	5
4.2	Específicos.....	5
5	Marco teórico	6
5.1	La palma aceitera.....	6
5.1.1	Botánica.....	6
5.1.2	Eco fisiología	7
6	Materiales y métodos	12
6.1	Localización	12
6.2	Materiales vegetales	12
6.3	Tratamiento.....	13
6.4	Características agroclimáticas	14
6.5	Mediciones fisiológicas.....	14
6.6	Mediciones morfológicas.....	15
6.7	Análisis estadístico.....	15
7	Resultados y Discusiones	16
7.1	Características fisiológicas.....	16
7.1.1	Fotosíntesis	16
7.1.2	Conductancia Estomática.....	17
7.1.3	Concentración interna de CO ₂	18
7.1.4	Temperatura de la hoja.....	19
7.2	Características morfológicas	20
7.2.1	Número de Foliolos.....	20
7.2.2	Longitud de los folíolos	21
7.2.3	Ancho de los folíolos.....	22
7.2.4	Longitud del raquis	23
7.2.5	Grueso de Pecíolo	24
7.2.6	Ancho de Pecíolo.....	25
7.2.7	Diámetro del Bulbo	26

7.3	Relación entre los parámetros fisiológicos y morfológicos.....	27
7.3.1	Fotosíntesis	27
7.3.2	Conductancia estomática.....	29
7.3.3	Concentración interna de CO ₂	34
7.3.4	Temperatura del Foliolo.....	34
8	Conclusiones.....	40
9	Bibliografía	41

Lista de Imágenes

Imagen 1.	Mapa ilustrativo de las repeticiones.....	13
Imagen 2	Mapa ilustrativo de la Repeticiones.....	14
Imagen 3	Mapa ilustrativo de las parcela	14

Lista de Tablas

Tabla 1	Especificación de los materiales por código y origen	12
---------	--	----

Lista de Graficas

Gráfica 1.	Fotosíntesis (mol CO ₂ . m ⁻² s ⁻¹) en un foliolo de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.....	17
Gráfica 2.	Conductancia estomática (mmol m ⁻² s ⁻¹) en un foliolo de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.	18
Gráfica 3.	Concentración interna de CO ₂ (ppm) en un foliolo de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.	19
Gráfica 4.	Temperatura (°C) en un foliolo de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.....	20
Gráfica 5.	Número de foliolos de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.....	21


Gráfica 6. Longitud de los foliolos (cm) de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.....	22
Gráfica 7. Ancho de los foliolos (cm) de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.....	23
Gráfica 8. Longitud del raquis (cm) de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.....	24
Gráfica 9. Grueso del Peciolo (cm) de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.....	25
Gráfica 10. Ancho del Peciolo (cm) de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.....	26
Gráfica 11. Diámetro del bulbo (cm) en los materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.....	27
Gráfica 12. Correlación de la Fotosíntesis en el foliolo de la de la hoja 17 de los materiales palma variedades híbridos O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). vs A-) Conductancia Estomática B-) Concentración Interna de CO ₂ C-) Temperatura del foliolo D-) Diámetro del bulbo, E-) Grueso del Peciolo, F-) Ancho del Peciolo, G-) Número de foliolos, H-) Largo del Foliolo, I-) Ancho del Foliolo, J-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.	28
Gráfica 13. Correlación de la Fotosíntesis en el foliolo de la de la hoja 17 de los materiales palma variedades Ténera(1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) vs A-) Conductancia Estomática B-) Concentración Interna de CO ₂ C-) Temperatura del foliolo D-) Diámetro del bulbo, E-) Grueso del Peciolo, F-) Ancho del Peciolo, G-) Número de foliolos, H-) Largo del Foliolo, I-) Ancho del Foliolo, J-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.	30
Gráfica 14. Correlación de la Conductancia Estomática en el foliolo de la de la hoja 17 de los materiales palma variedades híbridos O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). vs A-) Concentración Interna de CO ₂ B-) Temperatura del foliolo C-) Diámetro del bulbo, D-) Grueso del Peciolo, E-) Ancho del Peciolo, F-) Número de foliolos, G-) Largo del Foliolo, H-) Ancho del Foliolo, I-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.	31
Gráfica 15. Correlación de la Conductancia Estomática en el foliolo de la de la hoja 17 de los materiales palma variedades Ténera(1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) vs A-) Concentración Interna de CO ₂ B-) Temperatura del foliolo C-) Diámetro del bulbo, D-) Grueso del Peciolo, E-) Ancho del Peciolo, F-) Número de foliolos, G-) Largo del Foliolo, H-) Ancho del Foliolo, I-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.	33

Gráfica 16. Correlación de la Concentración interna de CO ₂ en el foliolo de la de la hoja 17 de los materiales palma variedades híbridos O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). vs A-) Temperatura del foliolo B-) Diámetro del bulbo, C-) Grueso del Peciolo, D-) Ancho del Peciolo, E-) Número de foliolos, F-) Largo del Foliolo, G-) Ancho del Foliolo, H-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.	35
Gráfica 17. Correlación de la Concentración interna de CO ₂ en el foliolo de la de la hoja 17 de los materiales palma variedades Ténera(1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) vs A-) Temperatura del foliolo B-) Diámetro del bulbo, C-) Grueso del Peciolo, D-) Ancho del Peciolo, E-) Nújmero de foliolos, F-) Largo del Foliolo, G-) Ancho del Foliolo, H-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.	36
Gráfica 18. Correlación de la Temperatura del foliolo de la hoja 17 de los materiales palma variedades híbridos O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). vs A-) Diámetro del bulbo, B-) Grueso del Peciolo, C-) Ancho del Peciolo, D-) Número de foliolos, E-) Largo del Foliolo, F-) Ancho del Foliolo, G-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.....	38
Gráfica 19. Correlación de la Temperatura del foliolo de la hoja 17 de los materiales palma variedades Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) vs A-) Diámetro del bulbo, B-) Grueso del Peciolo, C-) Ancho del Peciolo, D-) Número de foliolos, E-) Largo del Foliolo, F-) Ancho del Foliolo, G-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.	39

NOTA DE ACEPTACIÓN

Director de tesis.

I.A. M. Sc. Julián Fernando Cárdenas Hernández



I.A. Ph. D. Carlos Enrique Castilla Campos

Co-Director de tesis.

IA., M.Sc.-, Ph. D. Carlos Enrique Castilla Campos

Jurado 1.

I.A. Ph. D. Yacenia Morillo Coronado

Jurado 2.

I.A. M. Sc. Nydia Carmen Carrillo

Villavicencio, 04 de Noviembre del 2015

Agradecimientos

Primordialmente le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mis más profundos y sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización de la presente investigación. En especial a mis padres Nelsy Clavijo y Guillermo Rojas, por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida.

Agradecer muy sinceramente a Katherine H; por ser una parte muy importante de mi vida, por haberme apoyado en los momentos buenos y en las situaciones de dificultades, principalmente por su paciencia, entrega y amor incondicional.

Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación prestada a Ph. D. Carlos Enrique Castilla Campos y M.Sc. Julián Fernando Cárdenas Hernández directores de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua de la misma, esencialmente por la motivación a lo largo de la investigación.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a las profesoras Yacenia Murillo y Nidia Carmen Carrillo, por su dedicación y consejos y enseñanzas prestadas a este servidor.

Un agradecimiento muy especial por la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

1 Resumen

El estudio se llevó acabo en el centro de investigación La Libertad de Corpoica ubicada en Villavicencio Meta, con el fin de obtener la caracterización morfológica y fisiológica de 16 materiales de palma *Elaeis spp.* Divididos en materiales Ténera, e Híbridos y retrocruces. Para realizar las mediciones fisiológicas se utilizó el equipo analizador de gases (IRGA) modelo LI-6400 (Licor, Nebraska, USA) con este equipo registramos la actividad fotosintética, conductancia estomática, concentración interna de CO₂, y la temperatura del foliolo; dichas mediciones morfológicas se realizaron en la misma hoja con implementos de medida como: la cinta métrica y el pie de rey. Las variables fisiológicas no mostraron tendencia entre materiales (Ténera, Híbridos y retrocruces) pero si diferencias considerables entre sí. En cuanto a las características morfológicas la diferencia que más se evidencio la podemos encontrar en los parámetros relacionados con los foliolos como son el número de foliolo, longitud y ancho del foliolo.

2 Abstract.

The study was conducted at La Libertad Research Center of Corpoica located in Villavicencio Meta, in order to study the morphological and physiological characterization of 16 materials of palm *Elaeis spp.*: belonging to either Ténera, O X G Hybrids and backcrosses type materials. The gas analyzer IRGA model LI-6400 (Liquor, Nebraska, USA) was used to record the photosynthetic activity, stomatal conductance, internal CO₂ concentration and temperature of the leaflet. Morphological measurements were performed in the same leaf used for photosynthetic activity measurements, using tools such as measuring tape and caliper. The physiological variables showed no tendency between materials (tenera, Hybrids and backcrosses) but significant differences between them. For morphological parameters, the most evident differences between materials was found in the leaflet number, length and width.

3 Introducción

En los últimos 13 años, la producción mundial de aceites y grasas vegetales pasó de 80.7 millones de toneladas a 188 millones de toneladas, 107 millones de toneladas adicionales y más de dos veces la producción total de 1990 (Dangond, 2014).

Con relación a las exportaciones de aceites y grasas vegetales, la situación es igual de dramática: los aceites de palma y de palmiste se consolidaron como los aceites vegetales más transados en el mundo, con un cambio en la participación en el mercado de 39% a 61% del total de los 72 millones de toneladas transadas en 2013. Y su uso en el 2013, se distribuían entre comestibles, concentrados y otros en 80%, la industria oleoquímica en 15%, las fuentes de energía renovable 3% y biocombustibles en 2%, reafirmando la versatilidad del producto y su importancia a nivel mundial (Dangond, 2014).

La palma de aceite en Colombia ha aumentado durante las últimas tres décadas a una tasa de crecimiento del 7.2% y reemplaza actividades agrícolas con menor potencial económico, debido a la continua y creciente demanda mundial por aceites vegetales y biocombustibles (Gómez, Mosquera, & Castilla, 2005), Actualmente el departamento del Meta es el mayor productor de palma de aceite. Su producción se concentra en el piedemonte llanero con un 70%. Las plantaciones se localizan en los municipios de San Carlos de Guaroa (39.7%), Acacias (17.5%), Cumaral (7.3%), Barranca de Upía (6,2%), y Castilla la Nueva (4,1%), y crecimiento de las áreas sembradas en Villavicencio tomando la importancia que en algún tiempo tuvo el sector arrocero (Fedepalma, 2014).

La palma aceitera, originaria del trópico húmedo de África, se cultiva comercialmente en cerca de 12 millones de hectáreas, en zonas tropicales de África, América y Asia, ubicadas entre 15 grados latitud norte y 13 grados de latitud sur. Como es un cultivo tropical perenne, la palma aceitera produce continuamente durante el año. (Mutert, 2006)

Los países con mayor área cultivada son Indonesia con 5 millones de hectáreas y Malasia con 4,5 millones. En América del Sur, las mayores áreas cultivadas son las de Colombia (477.000 ha, quinto en el mundo) y Ecuador (207.000 ha). En Centroamérica, los principales productores son Honduras (60.000 ha) y Costa Rica (50.000 ha). Debido a su carácter perenne, la vida económica útil de una plantación de palma aceitera puede ser de 25 a 30 años. (Reyes, 2012).

A pesar de los esfuerzos mundiales encaminados al incremento de la producción y la productividad, todavía existe una brecha entre el potencial productivo de 45 t de racimos de fruta fresca y 12 t de aceite por ha/año y la productividad real de 18 t de racimos de fruto fresco y 3,5 t de aceite por ha/año. Sumado a lo anterior, el incremento de los costos de producción, el envejecimiento de las plantaciones y la mayor ocurrencia de disturbios como la pudrición del cogollo (PC), han afectado la

rentabilidad y la competitividad de este sector productivo (Boari, 2008; Chan & Yusof, 2000; Chinchilla, 2010; Teoh, 2004; Yusof & Chan, 2004; May & Bahari, 2008; Fedepalma, 2010; Fedepalma, 2011).

Dentro de las principales causas que contribuyen a los bajos índices de productividad se encuentran la presencia de enfermedades, algunas letales. Específicamente para Colombia la "Putridión del Cogollo" (PC o CPC), es la enfermedad más grave que se ha presentado en las plantaciones de palma de aceite de Sudamérica (Franqueville, 2001).

Los cultivos de palma de aceite han estado afectados considerablemente por diferentes enfermedades desde su establecimiento como cultivo en el país. Siendo la putridión del Cogollo (PC) la enfermedad de mayor importancia económica de Colombia, Ecuador y América Tropical (Aya, 2009). Los trabajos de mejoramiento genético en las diferentes materiales (Ténera e Híbridos intraespecíficos e interespecíficos), en el caso de los Híbridos de palma de aceite productos del cruzamiento de la palma americana (*Elaeis oleífera* HBK Cortés) por la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) son una de las alternativas actuales para el manejo de PC (Torres, 2004; Rivera, 2009; Peláez, 2010; Rivera & López., 2013), en estos procesos de mejoramiento se buscan condiciones adicionales morfológicas y productivos que en algunos híbridos presenta, un aceite clasificado como alto oleico con mayor calidad para el consumo humano (Paláez, 2004; Torres, 2004; Rivera, 2009; Peláez, 2010; Barba, Orellana, Vallejo, & Manzano, 2012; Barba, 2013; Barba, 2013).

Para satisfacer la demanda creciente de aceite de palma se debe aumentar la producción y la productividad, lo cual hace necesaria la renovación de las plantaciones utilizando materiales genéticos con mayor potencial productivo y con adaptación más estrecha a cada condición ambiental, y el uso de tecnologías soportadas en el conocimiento de las respuestas fisiológicas de la especie a las variables ambientales (Reyes, 2012), por esto la importancia de conocer la actividad fisiológica de los materiales y su relación con las condiciones ambientales de la zona de la Orinoquia Colombiana donde se desarrolla la investigación.

En la actualidad los materiales de palma *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleífera* y su híbridos reportan muy poca información relacionada con su actividad fisiológica con respecto a la fotosíntesis, concentración interna de CO₂ y conductancia estomática y la desinformación aumenta en palmas que se encuentran ya establecidas en campo; esto y la diferencia de ecosistemas encontrados en el país y sus características específicas en cada uno de ellos, que resulta determinante en el desarrollo de cualquier planta.

Teniendo en cuenta lo anterior se desarrolló un estudio inicial de conocimiento de las diferencias y similitudes de 16 materiales tipo Ténera e híbridos y retrocruces obtenidos de tres casas comerciales presentes en el país. El estudio se desarrolla

en la zona oriental (Piedemonte llanero) de Colombia con el fin de evaluar la actividad fisiológica y las características morfológicas de los materiales a las condiciones que presenta la región del piedemonte llanero.

Conocer las características morfológicas y la actividad fisiológica de cada material es importante para poder comprender y decidir con mayor claridad los materiales más propicios para la zona debido a que podemos relacionar el genotipo por ambiente, dirigiendo toda esta información a mejorar los rendimientos en la zona.

4 Objetivos

4.1 General

Caracterizar morfológica y fisiológicamente 16 materiales de palma de aceite (Ténera e híbrido) *Elaeis spp* en Villavicencio Meta.

4.2 Específicos

- Cuantificar la actividad fotosintética de los 16 materiales de palma de aceite (*Elaeis spp.*).
- Caracterizar morfológicamente 16 materiales de palma de aceite (*Elaeis spp.*).
- Determinar la relación entre los parámetros fisiológicos y morfológicos de los materiales de palma de aceite (*Elaeis spp.*).

5 Marco teórico

5.1 La palma aceitera

5.1.1 Botánica

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) es una especie perenne, y se considera originaria del occidente de África. Pertenece a la clase Monocotiledónea, orden Palmales, familia *Arecaceae* (*Palmácea*). Posee una sola unidad de tallo o tronco (estípite) sin ramificación; en la parte inferior del tallo posee una estructura cónica denominada bulbo, de cuya superficie emergen raíces primarias que dan origen a raíces secundarias, éstas a terciarias y éstas a cuaternarias, formando un sistema radicular fasciculado distribuido principalmente en los primeros 60 cm de profundidad del suelo (Corley & Tinker, 2003).

Aproximadamente a los tres años de edad, el tronco se alarga conforme emergen las hojas. La palma posee un solo punto de crecimiento o meristemo apical que se encuentra en la parte central del tronco, el cual produce, en palmas adultas, entre 24 y 30 hojas nuevas cada año (Corley & Tinker, 2003; Chaimsohn, Montiel, Villalobos, & Urpi, 2008).

Una palma adulta posee entre 30 y 40 hojas pinnadas. Cada hoja está compuesta de un raquis, foliolos y espinas. La parte proximal del raquis, el peciolo, se ensancha y adhiere al tallo. Los estomas están localizados en la superficie del envés de la hoja (Corley & Tinker, 2003; Chaimsohn, Montiel, Villalobos, & Urpi, 2008).

La palma aceitera es una especie monoica. Las flores aparecen en espigas aglomeradas en un gran espádice que se desarrolla en la axila de la hoja y puede venir acompañada de una inflorescencia, que puede ser masculina o femenina. Presenta ciclos de floración alternos masculino – femenino. La polinización ocurre por la acción del viento y principalmente por los insectos (Chinchilla & Richardson, 1991; Cav Dwell, Hunt, Reid, Mensah, & Chinchilla, 2003).

El racimo generalmente es ovoide. El fruto es una drupa ovoide, que consta de exocarpio o cáscara, mesocarpio o pulpa (de donde se obtiene el aceite comestible), endocarpio (que junto con la almendra constituyen la semilla), de donde se extrae el aceite de palmiste. Los componentes relacionados con la producción anual de racimos son el peso del racimo y el número de racimos. Estos, asociados con el porcentaje de extracción de aceite, constituyen el rendimiento total de aceite por hectárea por año (Corley & Tinker, 2003; Kushairi, 2008).

En la actualidad, su reproducción para siembras a escala comercial se efectúa por medio de semilla y por cultivo de tejidos (clones), predominando la utilización de

material tipo Ténera (DxP) conformado por cruzamientos intraespecíficos de palmas madre tipo dura (D) de endocarpio grueso y mesocarpio delgado, y palmas padre tipo pisífera (P) sin endocarpio.

5.1.2 Eco fisiología

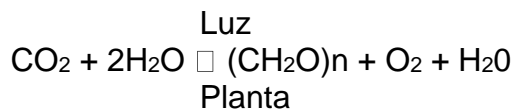
5.1.2.1 Condiciones ambientales

Los requerimientos climáticos generales para el cultivo de la palma de aceite corresponden a precipitación anual acumulada de 2000 a 2500 mm, bien distribuidos a través del año, o sea mayor a 100 mm/mes en todos los meses del año; temperatura media máxima de 29 a 33 °C y media mínima de 22 a 24 °C; brillo solar acumulado superior a 1500 horas y de al menos cinco horas continuas por día; humedad relativa media de 75% a 85%. Requiere suelos planos (pendiente < 8%), ubicados hasta 500 msnm, de textura franca a franco-arcillosa, sin grava en los primeros 1,2 m del perfil del suelo, con buena aeración y suficiente humedad disponible para las plantas a través del año. No tolera mantos freáticos permanentemente altos en suelos impermeables (Hartley, 1983; Corley & Tinker, 2003; Paramananthan, 2003; Kushairi, 2008).

5.1.2.2 Características fisiológicas

5.1.2.2.1 Fotosíntesis

La fotosíntesis es el único mecanismo natural de conversión de energía lumínica en energía química (ATP y NADPH) en la biosfera (Salisbury & Ross, 1992; Shibles & Villalobos, 2001; Hopkins & Huner, 2004). La conversión de la energía de forma primaria es utilizada en la reducción del CO₂ atmosférico en azúcares; de esta manera las plantas producen hasta 95% de su materia seca y se constituye en la base fundamental del suministro de energía para la cadena trófica en el ecosistema (Gliessman, 2002). El agua aporta los protones y electrones necesarios para la conversión de la energía lumínica en energía química. Como un subproducto del proceso se libera a la atmósfera el O₂ requerido para la respiración celular de los organismos aeróbicos (Magalhaes, 1985; Hall & Rao, 1995). El proceso fotosintético puede ser representado con la siguiente expresión (Hall & Rao, 1995; Shibles & Villalobos, 2001):



La actividad fotosintética está determinada por factores endógenos como la activación y regulación enzimática, la constitución genética de la planta, el transporte de los fotoasimilados desde el sitio de síntesis (las hojas) a los sitios de utilización, la concentración interna de CO₂ y la edad de la hoja. Algunos de los factores exógenos son la radiación (calidad y cantidad), la temperatura, la

disponibilidad de agua en el suelo y en el aire, la nutrición mineral y la velocidad del viento (Salisbury & Ross, 1992; Cano, 2000; Shibles & Villalobos, 2001).

Las plantas pueden ser clasificadas como C3, C4 y CAM, según el mecanismo de fijación de CO₂ que presenten en el proceso fotosintético. En las C3, el primer producto estable formado es el ácido 3-fosfoglicérico (PGA), un compuesto de tres átomos de carbono, mientras que en las C4 y CAM es uno de cuatro carbonos (malato o asparato). Las hojas iluminadas de las plantas C3 (palma aceitera) presentan el fenómeno de fotorespiración, que es la liberación de CO₂ por los órganos fotosintetizadores iluminados, implicando la pérdida de carbono y energía que puede representar una pérdida extra de materia seca del orden de 30% (Salisbury & Ross, 1992; Shibles & Villalobos, 2001).

5.1.2.2 Fotosíntesis en palma

Por tratarse de un cultivo perenne, la fotosíntesis se lleva a cabo en estratos acumulados y superpuestos de hojas, que se sombrean unas a otras. Así, la radiación fotosintéticamente activa (RFA) incidente es absorbida a medida que va atravesando las capas de hojas. El índice de área foliar (IAF) aumenta con la edad de las palmas, alcanzando un valor máximo de 8 a 10, a los 10 años en las variedades tradicionales. En palmas con 40 hojas, plantadas a una densidad de 148 palmas/ha, se produce normalmente un IAF de 6,0 (Breure, 2003; Corley & Tinker, 2003). Sin embargo, se ha observado que en palmas de 9 años la máxima interceptación de radiación ocurre entre las hojas 15 a 20 (Lamade, Setiyo, Girard, & Ghashghaie, 2009). Por otra parte, la evaluación de tres clones compactos obtenidos por cultivo de tejidos respecto a un material DxP obtenido por semilla, indicó para los clones mayor interceptación de RFA en la hoja 17 (Taylor, Chinchilla, & Rodríguez, 2008).

El sistema fotosintético de la palma aceitera es C3 y las hojas adultas permanecen fotosintéticamente activas por cerca de 21 meses (Corley, 1983; Corley & Tinker, 2003). En diversas regiones de África, Asia y América, se han determinado tasas fotosintéticas (F_n) que oscilan entre 3 y 27 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Corley, 1982; Corley, 1983; Dufrene & Saugier, 1989; Rodríguez & Villalobos, 1998; Noor, Ismail, Harun, & Mahmood, 2005; Suresh & Nagamani, 2006; Lamade, Setiyo, Girard, & Ghashghaie, 2009), y los valores máximos medidos oscilan entre 27 y 32 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Lamade, Setiyo, Girard, & Ghashghaie, 2009; Lamade & Setiyo, 1996).

Según Corley and Tinker (2003) y Breure (2003), la temperatura foliar máxima permisible antes de iniciar un descenso de la actividad fotosintética es de 38 °C. En condiciones de déficit hídrico y alta temperatura, la actividad fotosintética se deprime por causa del cierre estomático. En palmas en vivero, la deficiencia de nitrógeno se asoció con una reducción en la concentración de clorofila foliar, la eficiencia fotoquímica y la tasa fotosintética, que disminuyen por efecto de un

incremento en la resistencia estomática (Lamade, Setiyo, Girard, & Ghashghaie, 2009).

En cuanto a la utilización de la RFA, en diversos ambientes y materiales genéticos de palma aceitera de diferentes edades, se han observado valores de saturación de luz entre 400 y 1150 $\mu\text{mol foton} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Henson, 1993; Rodriguez & Villalobos, 1998; Corley & Tinker, 2003; Noor, Ismail, Harun, & Mahmood, 2005; Hanif, 2006). En condiciones de luz saturadas, la tasa fotosintética se vio afectada por el déficit de presión de vapor de agua en el aire (DPV), y se obtuvo una relación lineal negativa entre DPV y f_n máxima (Setyo & Subronto and Lamade, 1996). Las hojas viejas pueden contener más clorofila que las jóvenes, lo cual podría indicar una aclimatación a una baja radiación (Lamade, Setiyo, Girard, & Ghashghaie, 2009). No obstante, un estudio en palma aceitera con riego en el Ecuador indicó que esta práctica podía compensar gradualmente la baja radiación disponible (< 900 horas de brillo solar por año), manteniendo su productividad de racimos (Corley & Tinker, 2003).

5.1.2.2.3 Respiración

La respiración total en palma aceitera consume en promedio 75% de los asimilados (CH_2O), lo que equivale a 0,75 mol de C respirado/mol de C asimilado. La respiración de mantenimiento (R_m) de la biomasa existente tiene prioridad y se considera que equivale al 50% del proceso, en tanto un 25% adicional corresponde a respiración de crecimiento (R_c), quedando un remanente de C de 25% para ser acumulado en los diferentes órganos (raíces, hojas, tallo y racimos) (Henson, 1992; Breure, 2003; Corley & Tinker, 2003). Además, en las plantas C3 como la palma aceitera, se presenta la fotorespiración. No existen estimaciones de su tasa para la especie, pero se ha observado que con temperaturas foliares superiores a 42 °C, ésta puede llegar a consumir la mayor parte del CO_2 asimilado por la fotosíntesis (Corley., 1982)

5.1.2.2.4 Transpiración

En la India las palmas jóvenes (4-5 años) bajo riego, la transpiración era menor en época seca (2,47 – 4,93 mm/día), mientras en la época húmeda fue de (5,94 mm/día). (Kallarackal, Jeyahumar, & Jacob, 2004). En Costa de Marfil, en parcelas con riego que la evapotranspiración de las palmas fue 81% de la evapotranspiración potencial. La transpiración diaria media estuvo entre 1,25 mm/día y 2,31 mm/día. (Dufrene, Dubos, Rey, & Quencez, 1992). Observaron que las palmas con estrés hídrico mostraban un incremento de la temperatura de la hoja respecto a palmas sin estrés, dado que presentaban menor transpiración. La temperatura de la hoja de la palma aceitera puede llegar a ser hasta 10 °C superior a la del ambiente que la rodea (Hong & Corley, 1976). Las palmas que crecen en condiciones de sequía pueden presentar valores más pequeños de potencial hídrico foliar al medio día ($\Psi_h = -1,0$ MPa) que las que crecen con irrigación ($\Psi_h = -1,8$ MPa), ya que mantienen sus estomas cerrados (Villalobos,

Absorción, transporte y balance hídrico en la planta, 2001; Kallarackal, Jeyahumar, & Jacob, 2004).

5.1.2.3 Estudios recientes en el tema.

5.1.2.3.1 Investigaciones en fisiología

En estudios realizados por (Peláez, 2010) donde evalúa las características fisiológicas en palma de aceite en una plantación de seis a siete años de edad, donde se encontró valores para fotosíntesis máxima en materiales de palma africana (Ténera) de $10,3 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, y para híbridos (*Elaeis Guineensis* x *Elaeis Oleífera*) de $8,6$ a $10,1 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, y valores correspondiente al CO_2 interno de 273 ppm para materiales Ténera y de 241 a 285 ppm para los híbridos. Igualmente confirman los valores encontrados en la literatura para la Radiación fotosintética activa su punto de saturación se encuentra entre 850 a $1375 \mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$.

(Reyes, 2012) En Tumaco Nariño realizó un estudio de la actividad fisiológica de la palma de aceite en condiciones de vivero y concluye, entre otras cosas interesantes. Que la fotosíntesis muestra un sistema bimodal mostrando los mayores valores en las horas de la 9:00 a 11:00 am y de 3:00 a 5:00 pm. Su disminución en las horas de 12:00 a 3:00 pm se debió al aumento de la temperatura ambiental al medio día, en combinación con otros factores, que llevan a la disminución en la actividad fotosintética. En este estudio se presentaron valores de fotosíntesis de $2,5$ a $15 \mu\text{molCO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

(López Murcia, 2014) En su tesis de maestría desarrollada en Ecuador evaluó características morfológicas y fisiológicas de palma de aceite concluyendo que la radiación fotosintéticamente activa se encuentra entre los 600 a $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Respecto a la fotosíntesis neta encuentran valores entre $9,5$ a $10,6 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y la concentración interna de CO_2 fue de 368 a 376 ppm.

(Romero, 2007) En sus estudios realizados en eco fisiología en el cultivo de palma que los desarrolló en cuatro localidades de Colombia. Acierta tasas fotosintéticas de 8 a $15 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$; y confirma que el rango de radiación fotosintéticamente activa se encuentra entre 500 a $800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para materiales *Elaeis guineensis*.

5.1.2.3.2 Investigaciones en morfología.

(López Murcia, 2014) Demuestra diferencia en la longitud de la hoja en tres materiales que alcanza casi los 2 metros de diferencia entre la más larga y el material con la hoja más corta, e igualmente hay una diferencia considerable en número de folios de casi 100 folios de diferencia. En cuanto al crecimiento del estípote la diferencia fue casi de 3 veces una de otra mientras que el diámetro del estípote fue muy similar.

Los estudios realizados por (Reyes, 2012) observó diferencias marcadas en relación a las mediciones biométricas entre materiales en etapa de vivero y estas diferencias también están relacionadas a diferentes condiciones que se les dio a los materiales durante el desarrollo.

En estos dos estudios se evidenció la diferencia que se presenta entre materiales de palma, más aún cuando se están trabajando materiales tan distintos como son los Ténera y los híbridos.

(Bastidas, Peña, Reyes, Pérez, & Tolosa, 2007) En un estudios demostró que el materiales como un retrocruces muestra diferencias significativas en comparación a sus padres tanto en el largo peciolo, raquis y hojas e incluyendo las dimensiones como el diámetro del tallo.

6 Materiales y métodos

6.1 Localización

El proyecto de investigación se llevó a cabo en la localidad del piedemonte llanero ubicada en el oriente de Colombia, situada en el C.I. La libertad de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), ubicada en el departamento del Meta; situado a 336 m.s.n.m., con latitud Norte 4° 3' 28'', longitud Oeste de 73° 29'01''. La fase de campo se desarrolló durante el segundo semestre del año 2014.

6.2 Materiales vegetales

Los materiales estudiados en la investigación son palmas de aceite disponibles comercialmente del tipo Ténera (D X P) e híbridos interespecíficos (O X G), y retrocruces ((O X G) X G). Estos materiales corresponden a tres casas comerciales presentes en el país.

Tabla 1 Especificación de los materiales por código y origen

ORIGEN	CODIGO
Ténera	
Casa Comercial 1	1
Casa Comercial 1	2
Casa Comercial 1	3
Casa Comercial 3	6
Casa Comercial 3	7
Casa Comercial 2	8
Casa Comercial 2	9
Híbridos y retrocruces	
Casa Comercial 1	4
Casa Comercial 1	5
Casa Comercial 3	10
Casa Comercial 3	11
Casa Comercial 2	12
Casa Comercial 2	13
Casa Comercial 2	14

Casa Comercial 3	15
Casa Comercial 3	16

6.3 Tratamiento

Las plantaciones se encuentran establecidas en dos lotes experimentales. El primer lote se contó con los materiales Ténera y el segundo lote contó con los materiales híbridos, y los retrocruces. Al momento de la toma de datos todos poseían una edad de 4 años en sitio definitivo su fase de producción inició en el año 2013 en algunos materiales y completamente a mediados del 2014.

Cada lote experimental se encontraba conformados por cuatro repeticiones, en el lote de los Ténera se encontró 7 materiales los cuales son (1,2,3,6,7,8,9) y en el lote de los Híbridos se encontró 9 materiales los cuales son (4,5,10,11,13,14,15,16).

LOTE HÍBRIDOS				LOTE TÉNERA			
REPETICIÓN 1	REPETICIÓN 2	REPETICIÓN 3	REPETICIÓN 4	REPETICIÓN 1	REPETICIÓN 2	REPETICIÓN 3	REPETICIÓN 4

Imagen 1. Mapa ilustrativo de las repeticiones

Las repeticiones se encontraban conformadas por parcelas de cada material; las parcelas poseían un total de 20 plantas, de las 6 plantas centrales una se escogió para realizar toma de datos y 14 para evitar el efecto borde. La palma que no se encontraba en estrés o enferma fue la escogida para realizar la investigación.

Repetición Híbridos			Repetición Tenera		
Mat 1	Mat 5	Mat 9		Mat 10	Mat 14
Mat 2	Mat 6			Mat 11	Mat 15
Mat 3	Mat 7			Mat 12	Mat 16
Mat 4	Mat 8			Mat 13	

Imagen 2 Mapa ilustrativo de la Repeticiones

Parcela			
X	X	X	X
X	Y	Y	X
X	Y	Y	X
X	Y	Y	X
X	X	X	X
X Planta Efecto Borde			
Y Planta de Medición			

Imagen 3 Mapa ilustrativo de las parcela

6.4 Características agroclimáticas

Las características agroclimáticas reportadas para el C.I. La Libertad son las siguientes; precipitación anual de 2954,8mm bien distribuidas durante 9 meses al año esto debido a que cuenta una temporada de tres meses de verano (diciembre a febrero), humedad relativa de 79.8% promedio al año, temperatura media promedio anual de 25,8 °C, evapotranspiración potencial de 1343,5 mm/año, brillo solar promedio de 5,2 horas al mes, y una radiación anual de 4,0 a 5,0 kWh/m² (IDEAM & UPME).

6.5 Mediciones fisiológicas

La actividad fisiológica respecto fotosíntesis neta, conductancia estomática, temperatura, y la concentración interna de se CO₂ midieron en los folíolos centrales de la hoja número diecisiete (17) bajo condiciones de alta exposición

solar, entre las 9:00 y las 12 AM, con el analizador de gases (IRGA) modelo LI-6400 (Licor, Nebraska, USA). Este equipo consta de una cámara para hojas, que contiene sensores de temperatura, y radiación fotosintéticamente activa; un analizador infrarrojo de gases; y una consola de captura, manejo y transformación de datos.

Dado que la mayor actividad fotosintética de la palma aceitera en la región de estudio ocurre entre las 09:00 y las 11:00 horas (Reyes, 2012), se realizó la medición en este rango, de igual forma apoyados en investigaciones previas se utilizó un rango de radiación fotosintéticamente activa entre los 500 a 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Romero, 2007) los cuales son aportados por la cámara de luz del equipo LI-6400.

La cantidad de muestras fue un foliolo sano por palma y una palma por parcela arrojando así cuatro lecturas por cada material de palma. Igualmente estas mediciones fisiológicas se realizaron solo una vez por repetición.

6.6 Mediciones morfológicas

Las mediciones biométricas se realizaron en la misma hoja que se hicieron las mediciones fisiológicas. Las mediciones se realizaron en la hoja (17) de la siguiente manera, para largo y ancho de los foliolos se escogió tres de la parte media del lado derecho se realizó las mediciones con la cinta métrica, para el número de foliolos se contaron el total de foliolos del lado derecho de la hoja, el largo del raquis se midió de donde inicia los foliolos hasta la punta (inserción de los foliolos de la punta) de la hoja, para lo correspondiente al ancho y grueso del peciolo se midió en donde inicia los foliolos esto se realizó con el pie de rey, para la altura se tomó desde suelo hasta el inicio de los folios de la hoja (17), finalmente la medición del bulbo se realizó con el pie de rey.

6.7 Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo para caracterizar morfológicamente y fisiológicamente los 16 materiales, un análisis ANOVA de las variables de la fotosíntesis y una regresión para establecer la relación de cada variable sobre las otras. Se utilizó el paquete Excel 2010.

7 Resultados y Discusiones

7.1 Características fisiológicas

7.1.1 Fotosíntesis

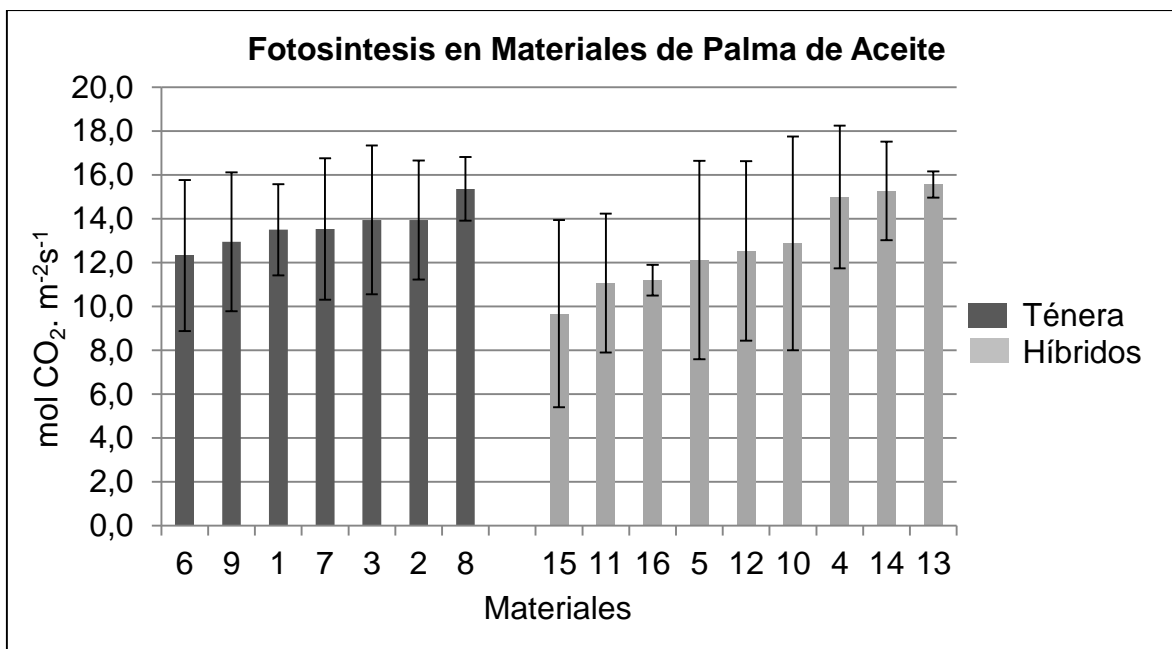
Los resultados obtenidos sobre la variable fotosíntesis ($\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) que se observan en la Gráfica 1 no presentan diferencias significativas entre materiales (Ténera e híbridos), pero si se observó diferencias de importancia entre los materiales (códigos), los materiales en esta variable están ordenados de menor a mayor y mantienen el orden del código en las siguientes diez gráficas (Gráficas 2-11).

Los materiales Ténera identificados con los códigos (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) mostraron diferencias siendo el código 6 el que obtuvo el menor resultado con una fotosíntesis de $12,3 \text{ mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y el código 8 con el mayor resultado obtuvo $15,4 \text{ mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Entre los materiales híbridos las diferencias fueron más significativas alcanzando cerca de $5 \text{ mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ entre el código con mayor resultado y el menor. Para estos materiales híbridos en código 13 fue el que obtuvo el mayor resultado en su actividad fotosintética con $15,6 \text{ (mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})$ y el menor fue el código 15 con $9,7 \text{ mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Los materiales de retrocruces tuvieron resultados promedio entre los otros dos materiales con resultados de $11,2 \text{ (mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})$ y $12,9 \text{ (mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})$ respectivamente. Los valores encontrados de la actividad fotosintética de los materiales de palma *Elaeis spp* en la investigación encontramos que los resultados están en el mismo rango hallado que los reportados en una investigación en Tumaco Nariño donde obtuvieron valores de actividad fotosintética desde los $2,5$ hasta los $15 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Reyes, 2012).

Las barras de error presentes en la Gráfica 1 representan la diferencia de los datos registrados en el estudio donde nos indicó que los resultados más confiables son los de los códigos 16 y 13 retrocruces e híbridos respectivamente.



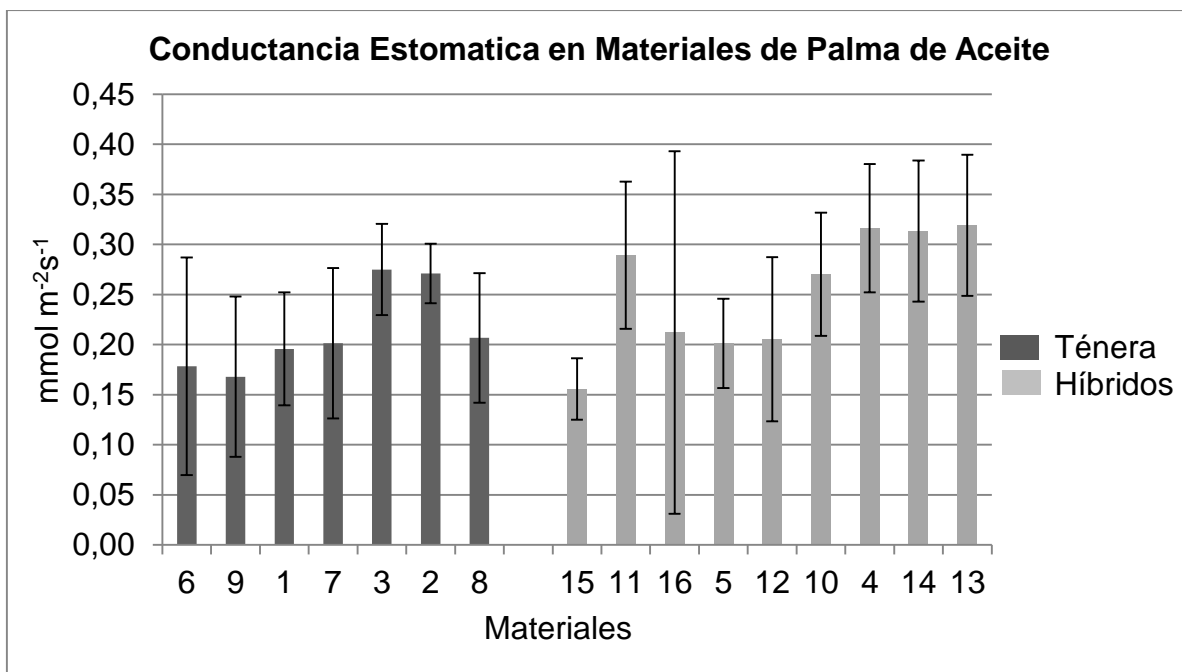
Gráfica 1. Fotosíntesis (mol CO₂ · m⁻² · s⁻¹) en un foliolo de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

7.1.2 Conductancia Estomática

Las diferencias de conductancia estomática (mmol m⁻² s⁻¹) observadas en la Gráfica 2 son significativos tanto entre materiales como entre códigos que en el caso de materiales Ténera fue una diferencia de hasta 0,11 mmol m⁻² s⁻¹ entre códigos, el promedio se encontró en 0,22 mmol m⁻² s⁻¹, el código 3 fue el que presentó la mayor conductancia estomática donde obtuvo 0,28 mmol m⁻² s⁻¹ y el código 9 mostró el resultado menor con 0,17 mmol m⁻² s⁻¹.

En los materiales híbridos la diferencia fue mayor entre los códigos respecto a los materiales Ténera esta diferencia fue de casi el doble. De igual forma entre los códigos híbridos se encontró que el que obtuvo el menor resultado de todos los materiales fue el código 15 el de menor conductancia estomática con un resultado de 0,16 mmol m⁻² s⁻¹ y los códigos 4 y 13 con la conductancia estomática mayor donde obtuvieron el mismo resultado que fue el de 0,32 mmol m⁻² s⁻¹.

Las barras de error presente en la Gráfica 2 representa la dispersión de los datos obtenidos en la investigación de igual forma los indican que los datos menos confiables son los del código 16, y los más confiables son los de los códigos 2 y 15 ya que fueron los que presentaron la menor desviación en los datos.



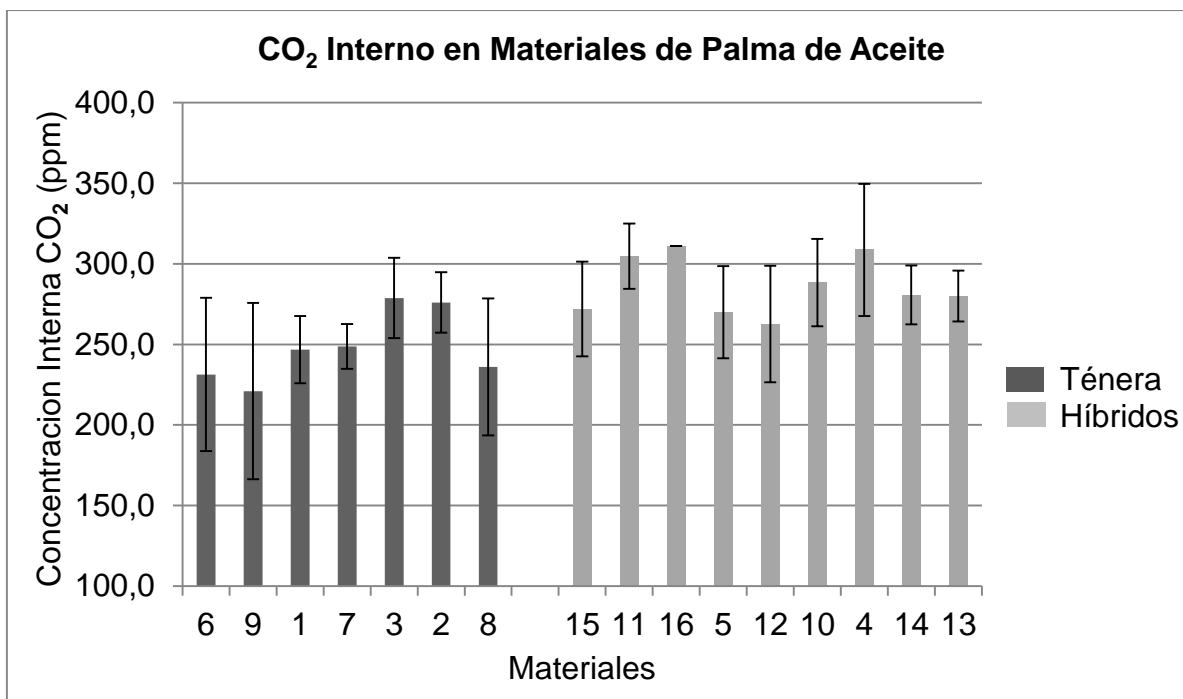
Gráfica 2. Conductancia estomática ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en un foliolo de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

7.1.3 Concentración interna de CO₂

La variable concentración de dióxido de carbono interno (ppm CO_2) registrada en el foliolo de la hoja 17 de los materiales investigados, se obtuvo diferencias importantes entre los grupos (Ténera, Híbridos y retrocruces) y entre variedades como se observan en la Gráfica 3.

Los materiales Ténera presentaron unas concentraciones de CO₂ interno menores en su gran mayoría a los materiales híbridos con excepción de los códigos 2 y 3 que son los de mayor concentración entre los Ténera con 276 y 278,8 ppm CO₂ respectivamente y el código 9 con una concentración de 221 ppm CO₂ fue el que presentó la menor concentración entre los Ténera.

Los resultados de los híbridos y los retrocruces son relativamente similares de igual forma el código con la concentración interna CO₂ más elevada se encuentre en los materiales de retrocruces siendo el código 16 con una concentración de 311 ppm CO₂ y el código de los híbridos con mayor concentración le correspondió 4 que presentaba una concentración de 308,7 ppm CO₂. La concentración interna más baja fue de 262,7 ppm CO₂ corresponde al híbrido 12. El rango de la concentración interna que se obtuvo fue mayor que la obtenida en la investigación de Peláez donde el encontró un rango de 241 a 285 ppm en materiales Ténera e híbridos (Peláez, 2010).



Gráfica 3. Concentración interna de CO₂ (ppm) en un foliolo de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

Las barras de error presentes en la Gráfica 3 indica las dispersiones de los resultados observados que la gran mayoría de los resultados son confiables con excepción de los códigos 4, 6, 8 y 9.

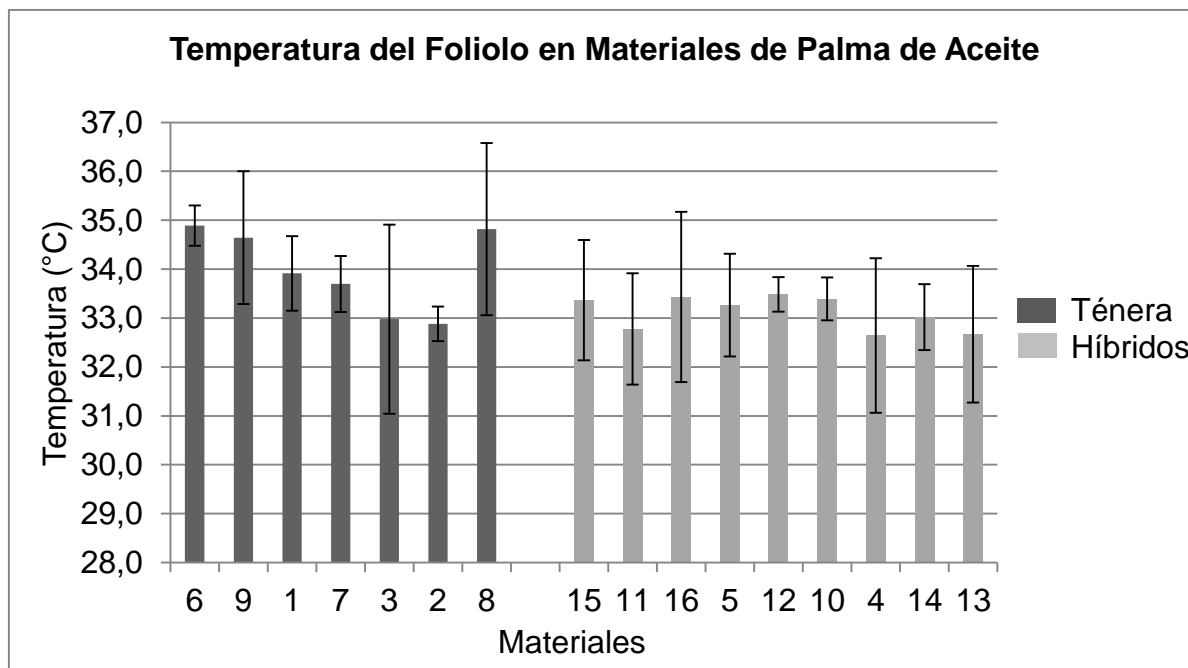
7.1.4 Temperatura de la hoja

La temperatura (°C) en un foliolo de la hoja 17 se muestra en la Gráfica 4 donde los materiales Ténera mostraron niveles de temperatura elevados comparados con los materiales híbridos y retrocruces. Así mismo los códigos 2 y 3 tuvieron niveles de temperaturas similares a los híbridos con valores de 32,9 y 33 °C respectivamente los demás materiales están sobre este nivel y hasta 34,9 °C que la obtuvo el código 6 que con el código 8 son los que mayor temperatura tuvieron.

Los materiales híbridos tuvieron tendencias más similares donde la diferencia entre ellos no alcanzó a ser más de 1°C entre el código 4 y el código 12 que fueron los que obtuvo menor temperatura y la mayor temperatura respectivamente. El código 4 tuvo una temperatura 32,6 °C y el código 12 obtuvo una temperatura de 33,5 °C.

Los materiales de retrocruces mostraron una temperatura igual entre los dos y similar a los híbridos la temperatura registrada para estos dos materiales fue de 33,4 °C. Las barras de error que se encuentran en la Gráfica 4 corresponden a la

desviación entre los resultados de igual forma indica que los datos menos confiables son los del código 8 de los materiales Ténera.



Gráfica 4. Temperatura (°C) en un foliolo de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

7.2 Características morfológicas

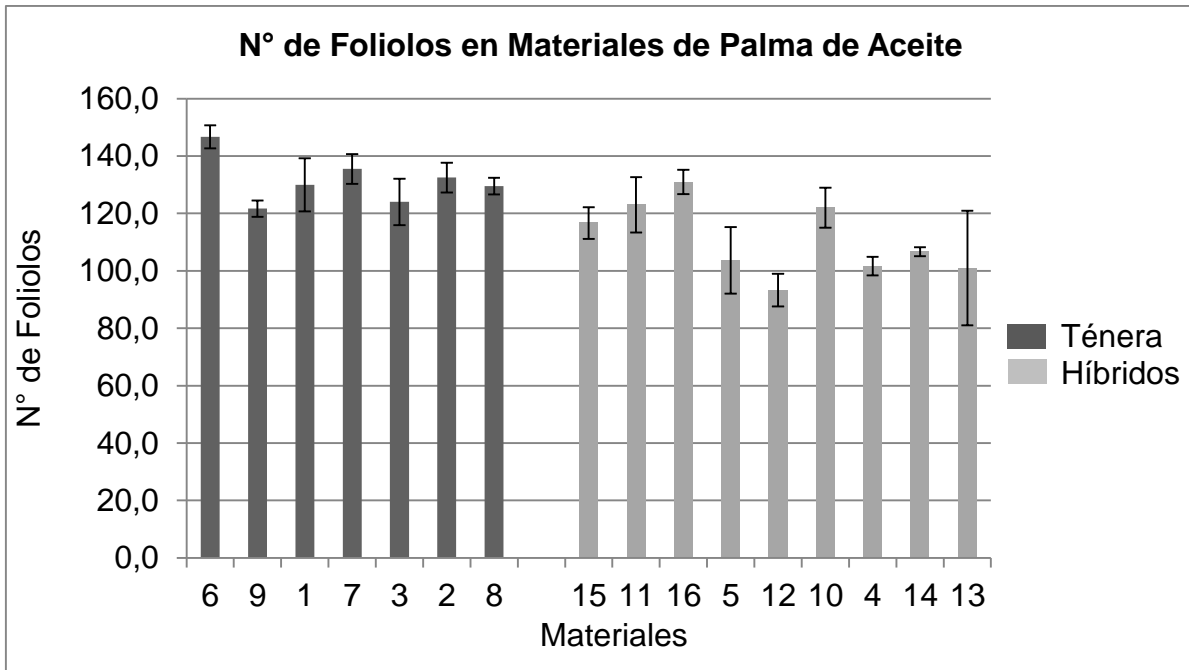
7.2.1 Número de Foliolos

La cantidad de foliolos en la hoja 17 de los materiales de palma que se observó en la Gráfica 5 tienen diferencias significativas tanto entre variedades (Ténera, Híbridos, Retrocruces), como entre ellos, para el caso de los materiales Ténera la diferencia alcanzó a ser de 25 foliolos entre el código 6 y el código 9 que son el de mayor y menor número respectivamente. La gran mayoría de los materiales Ténera estuvieron en un rango entre los 120 a los 135 foliolos con excepción del código 6 que obtuvo 146 foliolos en la hoja 17.

Los materiales de retrocruces al igual que los materiales Ténera mantuvieron su promedio por encima de los 120 foliolos en la hoja 17, entre 131 foliolos y 122 foliolos mostrando una tendencia similar a los de los híbridos,

Los materiales híbridos mantuvieron una cantidad de foliolos menores a los de los materiales Ténera y retrocruces con excepción del código 11 que obtuvo 123 foliolos en la hoja 17 una cantidad similar a los de estos materiales. Los demás códigos obtuvieron una cantidad de foliolos menor a la de 116 a diferencia del

código 15. El código de menor número de foliolo le correspondió al código 12. Las barras de error que se observa en la Gráfica 4 corresponde a la desviación de los resultados indicándonos que los datos son altamente confiables y la de menos confiable corresponde a el código 13 que tiene la mayor distorsión en los resultados.



Gráfica 5. Número de foliolos de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

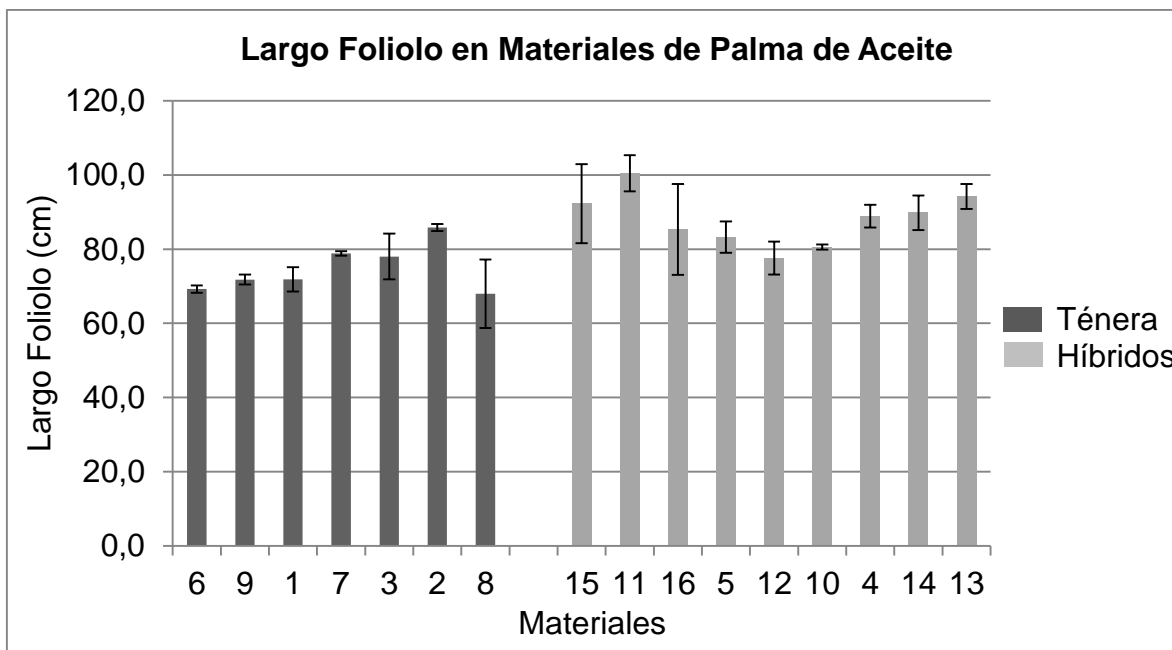
7.2.2 Longitud de los foliolos

La longitud de los foliolos de la hoja 17 mostraron diferencias significativas entre los materiales Ténera y los híbridos, los materiales de retrocruces se les observó una tendencia similar a los híbridos como se observa en la Gráfica 6.

Los materiales Ténera fueron los que tuvieron la menor longitud con un rango entre 68 - 85,8 cm. Los códigos 2, 3, 7, como se observa en la Gráfica 6 fueron los de mayor longitud entre los materiales Ténera y los códigos 6 y 8 son los de menor longitud. Los materiales de retrocruces mantuvieron una tendencia promedio entre los híbridos y los Ténera: 80,6 – 85,3 cm.

Los materiales híbridos mostraron una longitud mayor para la mayoría de los códigos con excepción 12 y 5 que obtuvieron una longitud de 77,6 y 83,2 cm respectivamente los códigos 11 y 13 son los de mayor longitud entre todos los materiales los cuales midieron 100,4 y 94,2 cm correspondientemente. Las barras

de error que se observa en la Gráfica 6 indicaron que los datos tienen un bajo grado de variabilidad.



Gráfica 6. Longitud de los folíolos (cm) de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

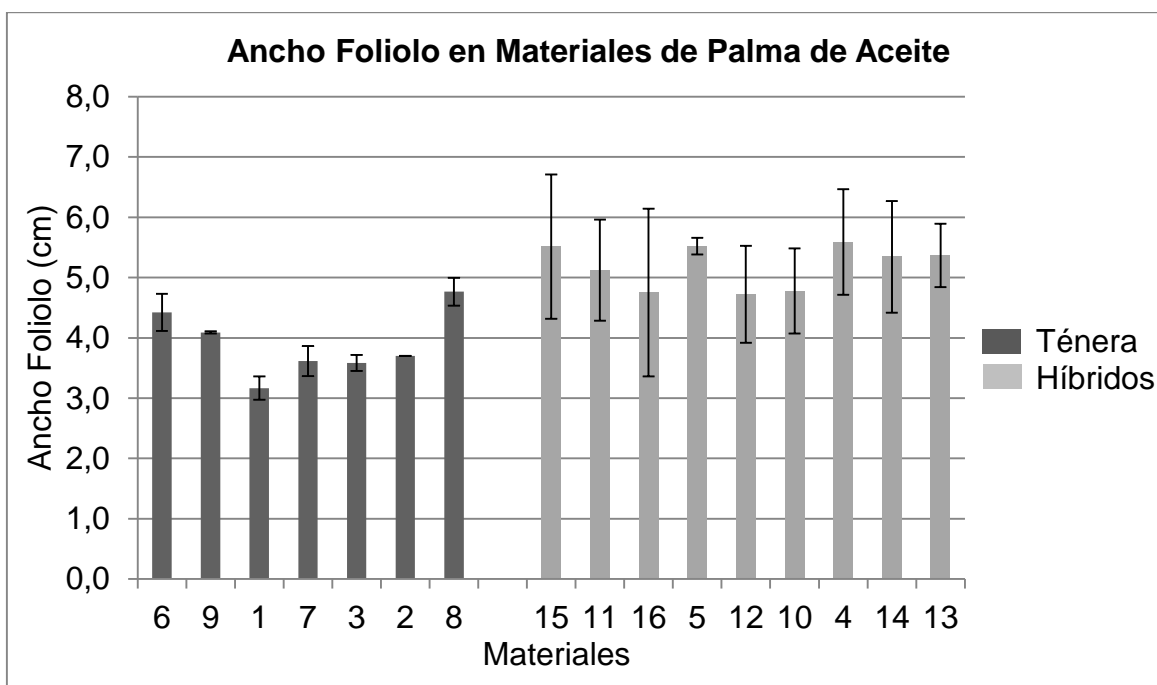
Ancho de los folíolos

El ancho de los folíolos de la hoja 17 de los materiales de palma se observa en la Gráfica 7 donde se observó diferencia entre los materiales Ténera y los híbridos los materiales de retrocruces mantuvieron un promedio 4,8 cm que es similar al código 8 que el más ancho de los Ténera.

El ancho de los materiales híbridos fue mayor a los de los materiales Ténera con excepción del código 12 que tuvo 4,7 cm el cual se encontró en el rango de los materiales Ténera, entre los demás códigos la diferencia entre ellos no superó los 0,5 cm y los códigos más anchos fueron los códigos 4 y 5 con un ancho de los folíolos de 5,6 y 5,5 respectivamente.

La diferencia del ancho de los folíolos en los materiales Ténera si superó los 1,5 cm entre ellos siendo el código 1 con el folíolo más delgado con un ancho de 3,2 cm. Los folíolos más anchos entre los materiales Ténera corresponden al código 8 que obtuvo 4,8 cm en los folíolos de la hoja 17

Las barras de error que se encontró en la Gráfica 7 nos señaló la desviación de los datos indicando que los datos de los materiales Ténera son confiables y los de los híbridos y retrocruces presentaron mayor desviación por lo tanto son menos confiables.



Gráfica 7. Ancho de los folíolos (cm) de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

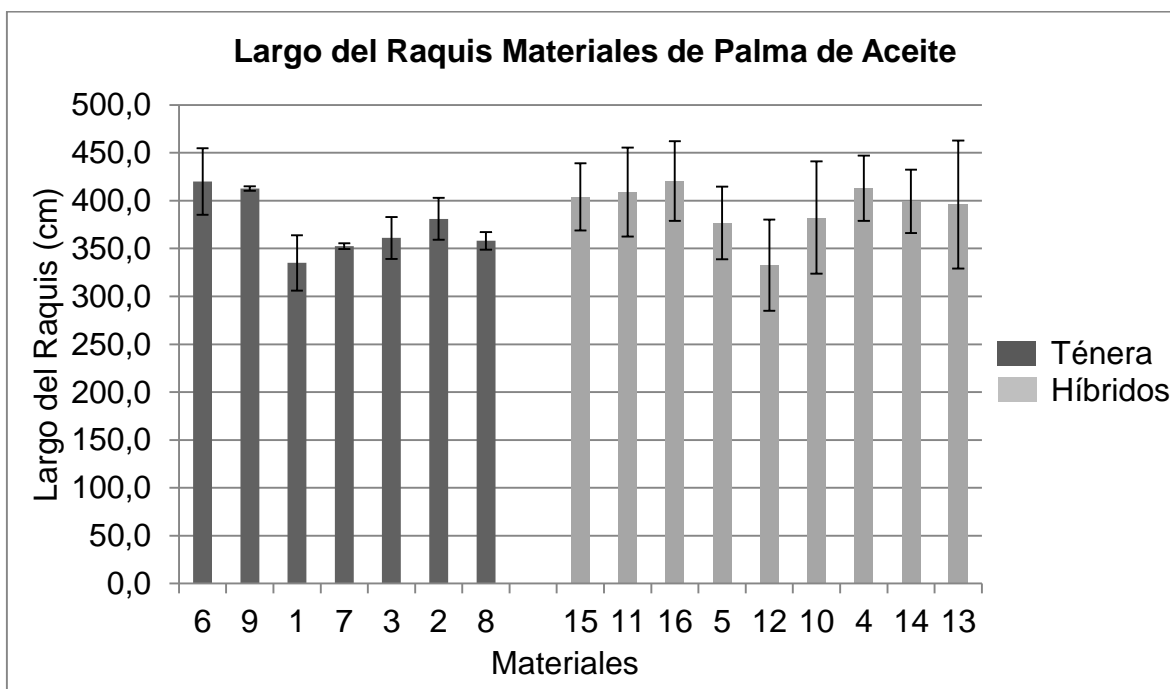
7.2.4 Longitud del raquis

La longitud del raquis en los materiales de palma Gráfica 8 no presentó una diferencia marcada entre materiales (Ténera, Híbridos, y retrocruces) pero si entre ellos (códigos). La diferencia entre los materiales de retrocruces fue de 38,2 cm, la longitud del raquis del código 16 fue de 420,5 cm y la del código 10 fue de 282,3 cm de igual forma el código 10 fue el material con el raquis más largo.

La longitud del raquis en los materiales Ténera presentó una diferencia de 85 cm entre el más largo y el más corto, los materiales con la longitud del raquis más largo fueron los códigos 6 y 9 que presentaron una longitud de 420 y 412,7 cm respectivamente

Los materiales híbridos presentaron al igual que los materiales Ténera diferencias significativas entre ellos alcanzando los 80,3 cm de diferencia entre el código 4 que obtuvo 413 cm y el código 12 que tenía una longitud de raquis de 332,7 cm, los códigos 11 y 15 estuvieron por encima de los 400 cm mientras que los códigos 5, 14, y 13 fueron por debajo de 400 cm.

Las barras de error presente en la Gráfica 8 reflejó la dispersión de los datos, indicando que los datos más confiables son los de los materiales Ténera y el menos confiable corresponde a los datos del código 13 seguido por el código 10.



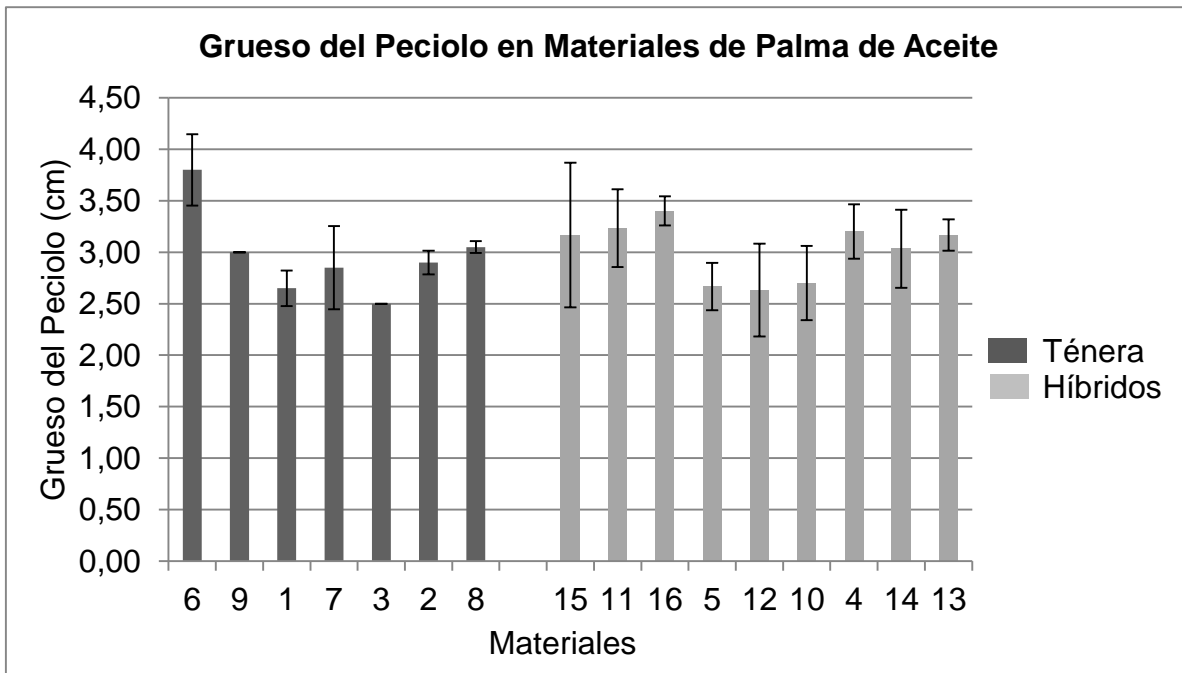
Gráfica 8. Longitud del raquis (cm) de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

7.2.5 Grosor de Pecíolo

El grosor del pecíolo grafica 9 en los materiales Ténera tuvo diferencias significativas entre códigos siendo el código 6 la del pecíolo más grueso con una dimensión de 3,8 cm y el código 3 fue el material con el pecíolo más pequeño con una dimensión de 2,5 cm.

Los materiales híbridos presentaron una diferencia entre códigos más discreta a comparación de los materiales Ténera el código 11 fue el material con el pecíolo más grueso y el más pequeño fue el código 12 los cuales tuvieron una dimensión de 3,23 y 2,63 cm respectivamente, el grosor del pecíolo de los códigos 16 y 10 correspondiente a los materiales de retrocruces fue de 3,4 y 2,7 cm respectivamente.

Las barras de error presentes en la Gráfica 9 representan la desviación de los datos probando que los datos más confiables son los de los materiales Ténera y retrocruces y los más dispados corresponden a los del código 15 de los híbridos.



Gráfica 9. Grosor del Peciolo (cm) de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

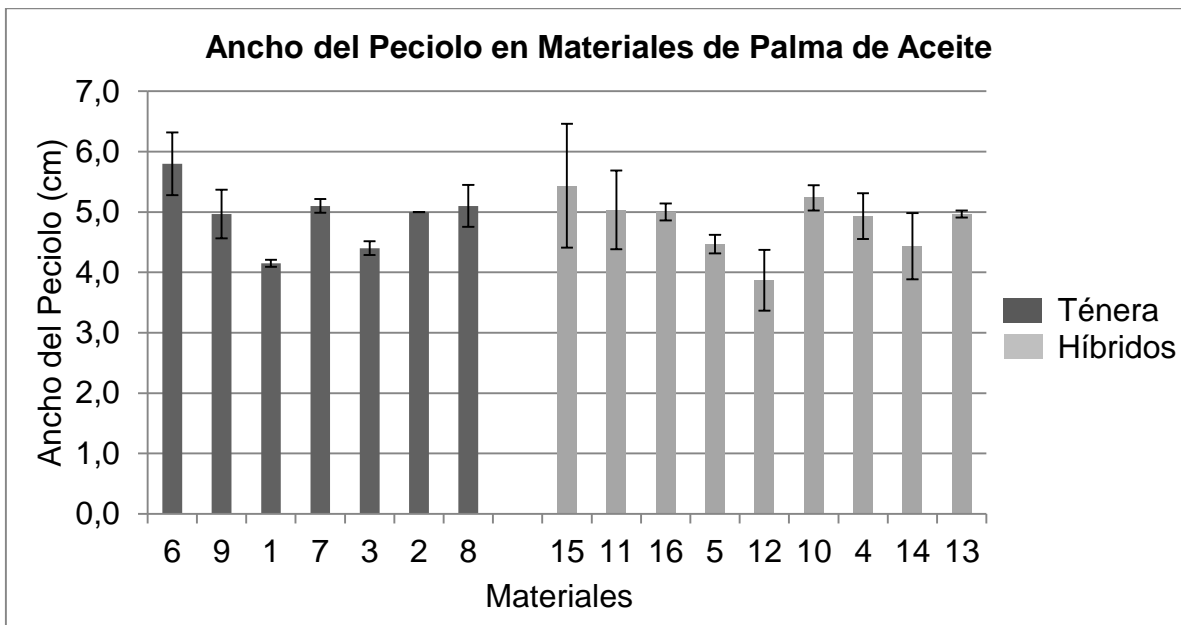
7.2.6 Ancho de Peciolo

Los materiales de palma en la variable ancho del peciolo no mostraron diferencias significativas entre materiales (Ténera, Híbrido y retrocruces) pero si hay diferencia entre los códigos como se observó en la Gráfica 10 los códigos 16 y 10 correspondientes a los materiales de retrocruces obtuvieron un ancho del peciolo similares 5 y 5,2 cm respectivamente.

En los materiales Ténera la diferencia entre códigos fue más significativa mostrando diferencia de 1,6 cm del código con mayor ancho y el código de menor anchura del peciolo, el código con el peciolo más ancho correspondió al código 6 que obtuvo 5,8 cm y el código 1 que fue el que obtuvo la menor anchura de peciolo entre los Ténera mostró una anchura de 4,2 cm.

La diferencia en los híbridos entre el mayor y el menor es similar a los materiales Ténera con una diferencia de 1,5 cm, aunque la diferencia fue similar los valores de los híbridos fueron más bajos el código 15 que fue el que obtuvo mayor ancho del peciolo obtuvo 5,4 cm y el código 12 obtuvo un ancho de 3,9 cm siendo el código con el peciolo más angosto.

Las barras de error presente en la Gráfica 10 correspondió a la desviación entre los datos obtenidos en el ensayo indicándonos que la gran mayoría de los resultados son confiables con excepción de los códigos 15 y 11 que son los que presenta la mayor desviación en los datos.



Gráfica 10. Ancho del Peciolo (cm) de la hoja 17 en materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

7.2.7 Diámetro del Bulbo

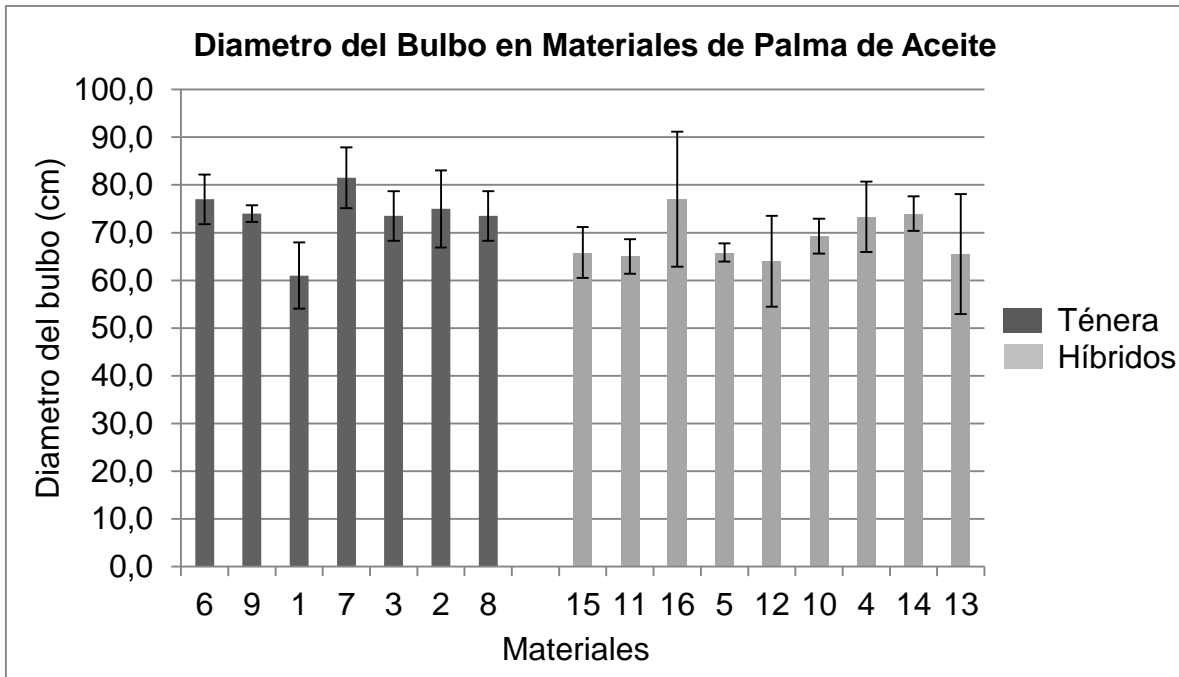
El diámetro del bulbo para los materiales Ténera se presenta en la Gráfica 11. Mostró una tendencia a tener el diámetro superior a los 73 cm y alcanzando con el código 7 un diámetro de 81,5 cm a excepción del código 1 que obtuvo un diámetro de 61 cm siendo el código con el diámetro más pequeño entre todos los materiales (Ténera, Híbridos y retrocruces).

En los materiales híbridos la tendencia fue ser superior a 64 cm y la diferencia entre los códigos alcanzó los 10 cm entre el código 12 que es el del diámetro más pequeño y el código 14 que con un diámetro de 74 cm fue el híbrido con el diámetro mayor.

Los materiales de retrocruces obtuvieron un diámetro de 77 y 69,2 cm respectivamente que los sitúa en un promedio entre los materiales Ténera e híbridos.

Las barras de error corresponden a la dispersión en los datos obtenidos en el ensayo indicando que los datos de diámetro del bulbo son confiables con

diferencia del código 16 y 13 que fueron los que obtuvieron la mayor dispersión en los datos.



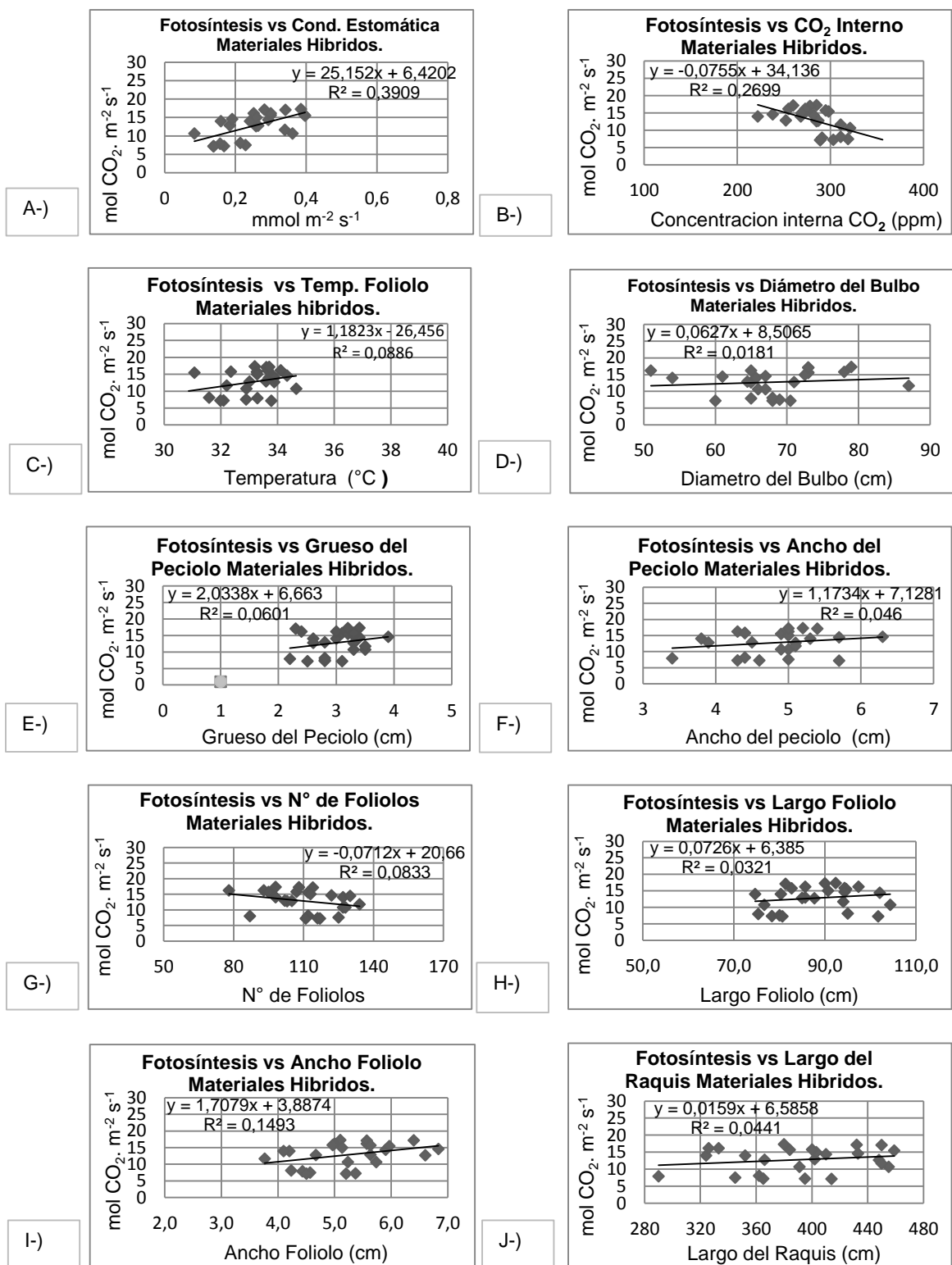
Gráfica 11. Diámetro del bulbo (cm) en los materiales de palma de aceite Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) e híbridos y retrocruces O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

7.3 Relación entre los parámetros fisiológicos y morfológicos.

7.3.1 Fotosíntesis

Como se observa en la Gráfica 12-A, existe una correlación entre parámetros de fotosíntesis y la conductancia estomática en los materiales híbridos y retrocruces, con un coeficiente de correlación de 39%, sugiriendo que a mayor conductancia estomática mayor es la actividad fotosintética.

En la Gráfica 12-B se observa la relación inversa entre las variables de la actividad fotosintética y la concentración interna de CO₂ en los materiales híbridos, de similar magnitud y retrocruces esta correlación nos mostró un porcentaje de 27% de relación entre estas dos actividades con la dinámica de a mayor concentración de CO₂ menor es la actividad fotosintética.



Gráfica 12. Correlación de la Fotosíntesis en el foliolo de la de la hoja 17 de los materiales palma variedades híbridos O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). vs A-) Conductancia Estomática B-) Concentración Interna de CO₂ C-) Temperatura del foliolo D-) Diámetro del bulbo, E-) Grosor del Pecíolo, F-) Ancho del Pecíolo, G-) Número de foliolos, H-) Largo del Foliolo, I-) Ancho del Foliolo, J-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

Estas dos relaciones sustentan lo dicho por Romero donde dedujo que a mayor conductancia estomática (mayor apertura de estomas) mayor será la actividad fotosintética por mayor cantidad de CO₂ que ingresa a la hoja siempre y cuando la cantidad de respiración no esté afectando estos procesos (Romero, 2007).

Otra relación existe, aunque con menor porcentaje se observa en la Gráfica 12-I donde se observó la relación entre la fotosíntesis y el ancho del foliolo su relación solo fue de 15% para los materiales híbridos y retrocruces, siendo la relación de mayor ancho del foliolo mayor es la actividad fotosintética.

Las demás correlaciones que se realizaron con la variable fotosíntesis y los demás parámetros no mostraron relación entre ellas como se observa en la Gráfica 12 en los materiales híbridos y retrocruces.

A diferencia de los materiales híbridos y retrocruces la correlación entre la fotosíntesis y la conductancia estomática observada en los materiales Ténera fue mayor como se observa en la Gráfica 13-A obteniendo una relación aproximada de 49% con un 10% mayor a la observada en los materiales híbridos y retrocruces, su dinámica sigue siendo la misma donde a mayor conductancia estomática mayor es la actividad fotosintética.

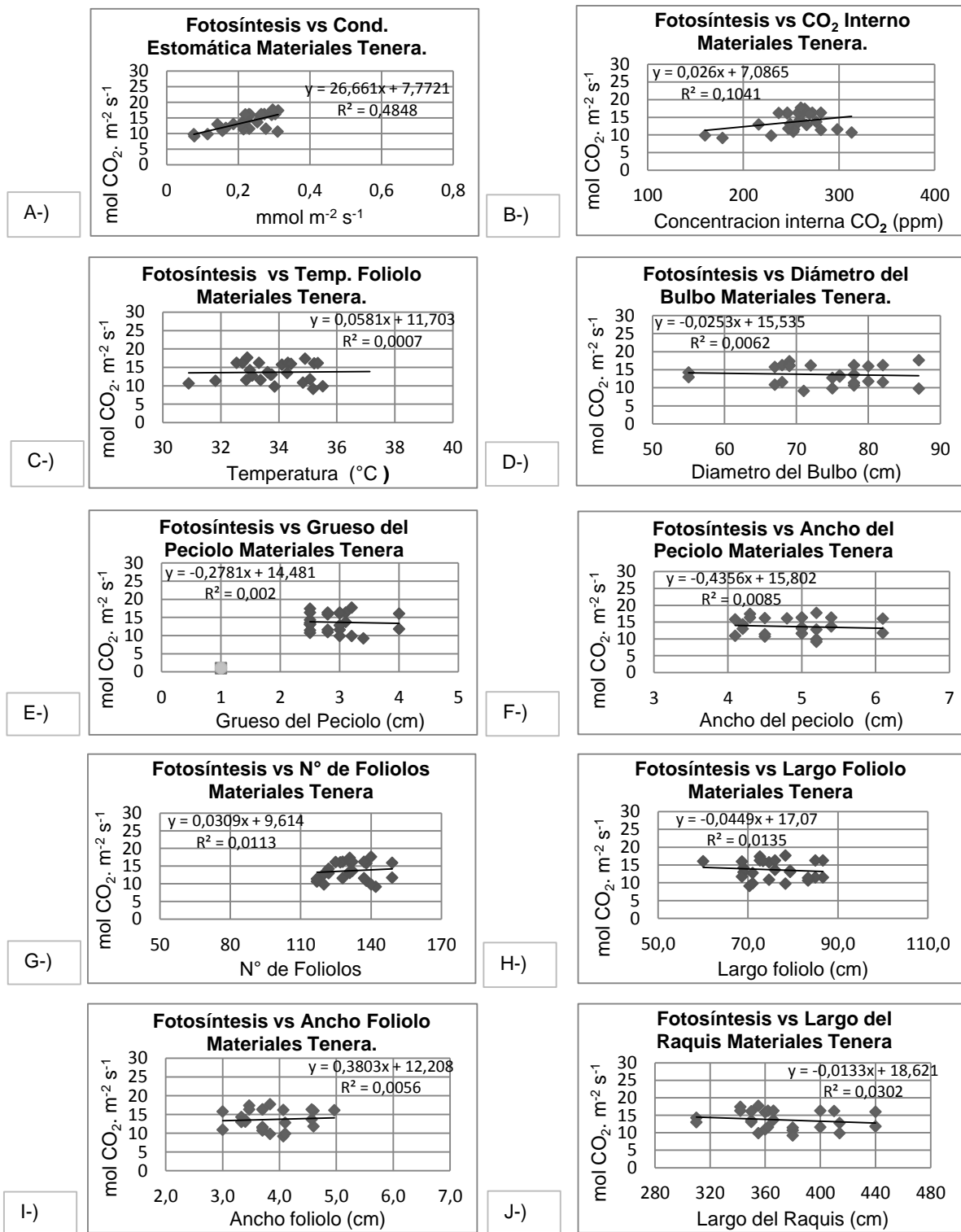
La relación existente entre el parámetro de la fotosíntesis y la concentración interna del CO₂ en los materiales Ténera fue un 16% menor que esta misma relación para los materiales híbridos y retrocruces. Como se observa en la Gráfica 13-B la relación para los materiales Ténera solo alcanzó un porcentaje del 10%, a diferencia que los materiales híbridos y Téneras la relación fue de a mayor concentración interna de CO₂ mayor es la actividad fotosintética.

La variable fotosíntesis de los materiales Ténera no obtuvo relación con las demás variables como se puede observar en la Gráfica 13.

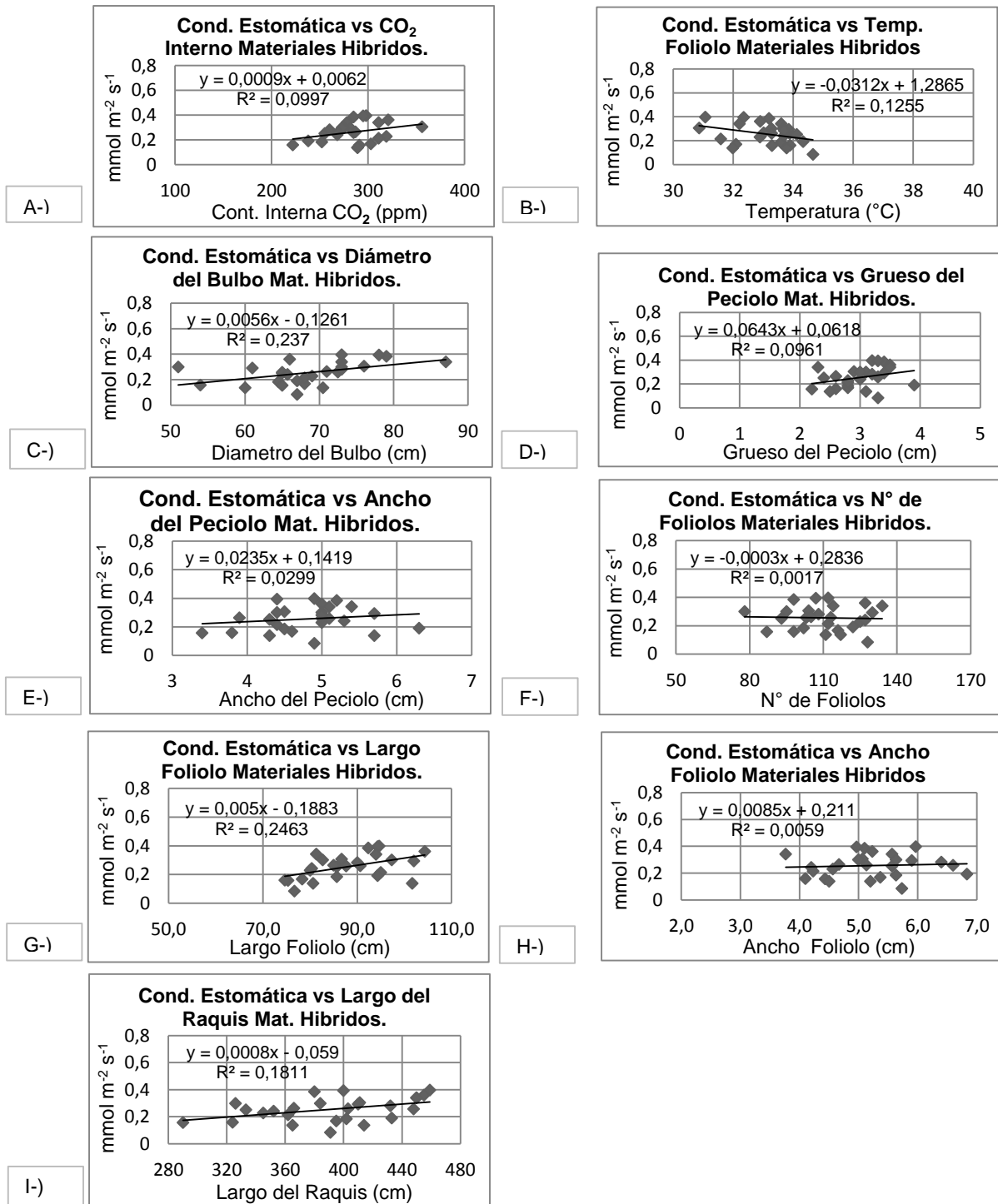
7.3.2 Conductancia estomática.

La conductancia estomática obtuvo correlaciones con algunas de las variables como se observa en la Gráfica 14, su relación con la temperatura del foliolo mostró un porcentaje del 12 % como se puede observar en la Gráfica 14-B, donde a mayor temperatura del foliolo la actividad de conductancia estomática disminuye.

Esto se puede sustentar con otra investigación donde se afirmó que, en las horas de la mañana, cuando la temperatura es baja y la transpiración es mínima, las plantas tienen los estomas abiertos (conductancia estomática alta). Al acercarse el medio día, con temperaturas más elevadas y evapotranspiración muy alta, las plantas tienden a cerrar estomas (conductancia estomática disminuye) (Romero, 2007).



Gráfica 13. Correlación de la Fotosíntesis en el foliolo de la de la hoja 17 de los materiales palma variedades Ténera(1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) vs A-) Conductancia Estomática B-) Concentración Interna de CO₂ C-) Temperatura del foliolo D-) Diámetro del bulbo, E-) Grueso del Pecíolo, F-) Ancho del Pecíolo, G-) Número de foliolos, H-) Largo del Foliolo, I-) Ancho del Foliolo, J-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.



Gráfica 14. Correlación de la Conductancia Estomática en el foliolo de la de la hoja 17 de los materiales palma variedades híbridos O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). vs A-) Concentración Interna de CO₂ B-) Temperatura del foliolo C-) Diámetro del bulbo, D-) Grueso del Pecíolo, E-) Ancho del Pecíolo, F-) Número de foliolos, G-) Largo del Foliolo, H-) Ancho del Foliolo, I-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

Las variables de conductancia estomática y el diámetro del bulbo mostraron una relación del 23% que se observa en la Gráfica 14-C donde se observó que a mayor diámetro del bulbo mayor la conductancia estomática esto.

En los materiales Ténera la conductancia estomática tiene relación con la longitud del foliolo donde a mayor longitud del foliolo mayor es la conductancia estomática como se observó en la Gráfica 14-G esta relación tiene un porcentaje del 24,5 %. Esto se puede explicar por tener hojas superpuestas produciendo su propia sombra disminuye la temperatura del foliolo (Breure, 2003; Corley & Tinker, 2003) y aumentando la conductancia estomática.

En los análisis realizados con respecto a la correlación de las variables de conductancia estomática vs la longitud del raquis en los materiales híbridos y retrocruces se encontró una relación del 18% donde a mayor longitud del raquis mayor fue la conductancia estomática como se puede observar en la Gráfica 14-I.

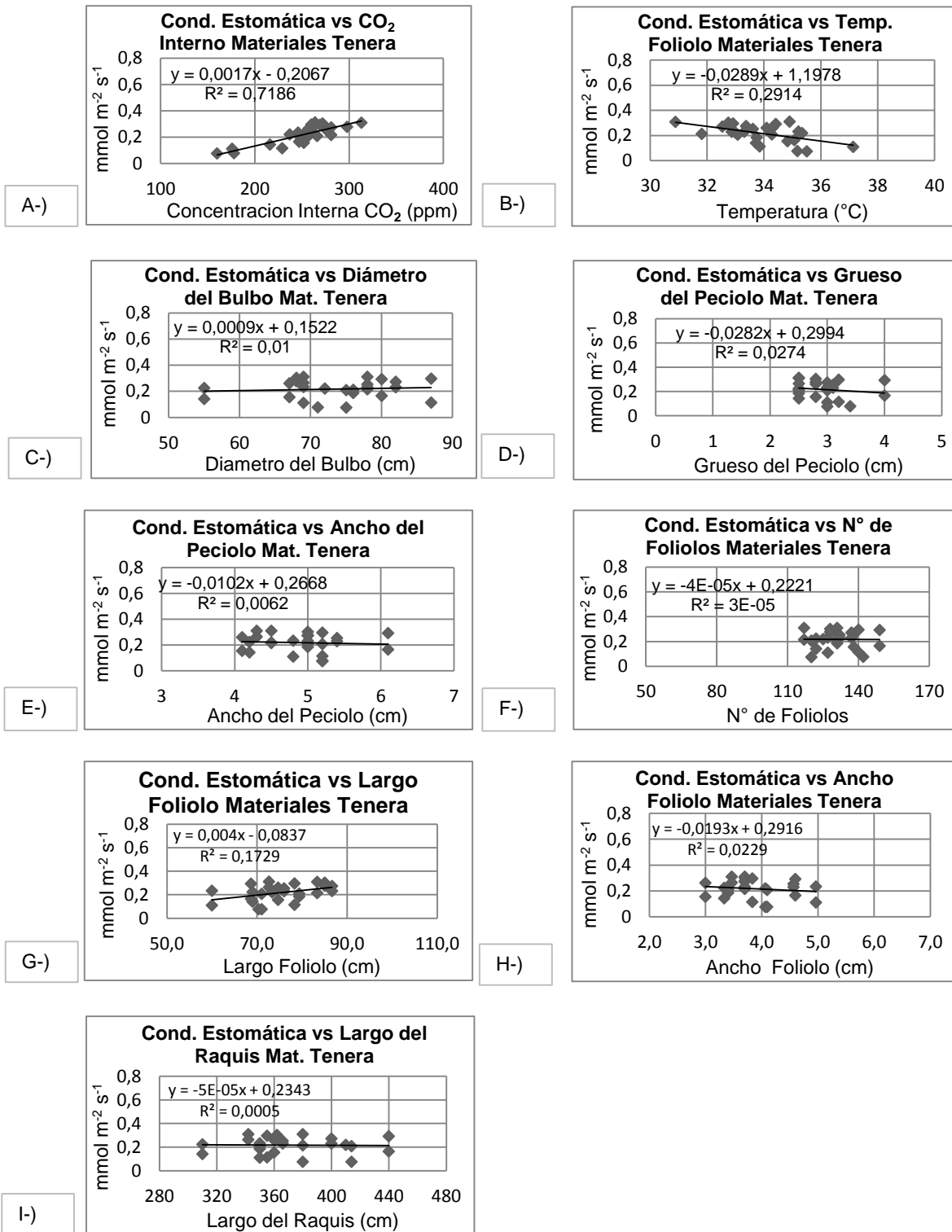
En el análisis de correlación de la conductancia estomática no mostro ninguna relación con las demás variables fuera de las nombradas anteriormente como se puede observar en la Gráfica 14 para los materiales híbridos y retrocruces.

A diferencia de los materiales híbridos y retrocruces los materiales Ténera mostraron una relación entre la conductancia estomática y la concentración interna de CO₂ donde a mayor concentración interna de CO₂ mayor será la conductancia estomática esta correlación como se observa en la Gráfica 15-A fue de 71%.

Al igual que en los materiales híbrido y retrocruces los materiales Ténera poseen una relación en sus variables de temperatura del foliolo y la conductancia estomática, donde a mayor sea la temperatura menor será la conductancia estomática como se observa en la Gráfica 15-B su relación obtuvo un 29% en los materiales Ténera.

La relación entre la conductancia estomática y la longitud del foliolo en los materiales Ténera fue de 17% como se observa en la Gráfica 15-G esta relación al igual que los demás materiales fue de a mayor longitud del foliolo mayor será la conductancia estomática

Al momento de evaluar la relación de la conductancia estomática con las demás variables no se encontró relación entre ellas como se observa en la Gráfica 15 y a diferencia de los materiales híbridos y retrocruces, los Ténera no tuvieron relación con la longitud del raquis.



Gráfica 15. Correlación de la Conductancia Estomática en el foliolo de la de la hoja 17 de los materiales palma variedades Ténera(1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) vs A-) Concentración Interna de CO₂ B-) Temperatura del foliolo C-) Diámetro del bulbo, D-) Grueso del Pecíolo, E-) Ancho del Pecíolo, F-) Número de foliolos, G-) Largo del Foliolo, H-) Ancho del Foliolo, I-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

7.3.3 Concentración interna de CO₂

La concentración interna del CO₂ obtuvo una correlación del 57% con la temperatura del foliolo en los materiales híbridos y retrocruces como se observa en la Gráfica 16-A donde la relación fue que a mayor temperatura la concentración interna del CO₂ disminuye.

Se puede relacionar este resultado con otra investigación donde afirman que a mayor temperatura mayor será el cierre estomático por lo tanto menor es la conductancia estomática lo cual afecta la transferencia del CO₂ de la atmosfera a la hoja (Romero, 2007). Igualmente, la palma al ser una planta C₃ es afectada por alta temperaturas provocando el cierre de estomas para impedir pérdidas de agua por transpiración (Villalobos, 2001).

Su relación es a la inversa con el diámetro del bulbo donde a mayor concentración mayor es el diámetro del bulbo donde obtuvo una relación del 19% como se puede observar en la Gráfica 16-B.

Al realizar la evaluación de la relación de la concentración interna del CO₂ con las demás variables como se observa en la Gráfica 16 no se encontró una relación directa entre ellas.

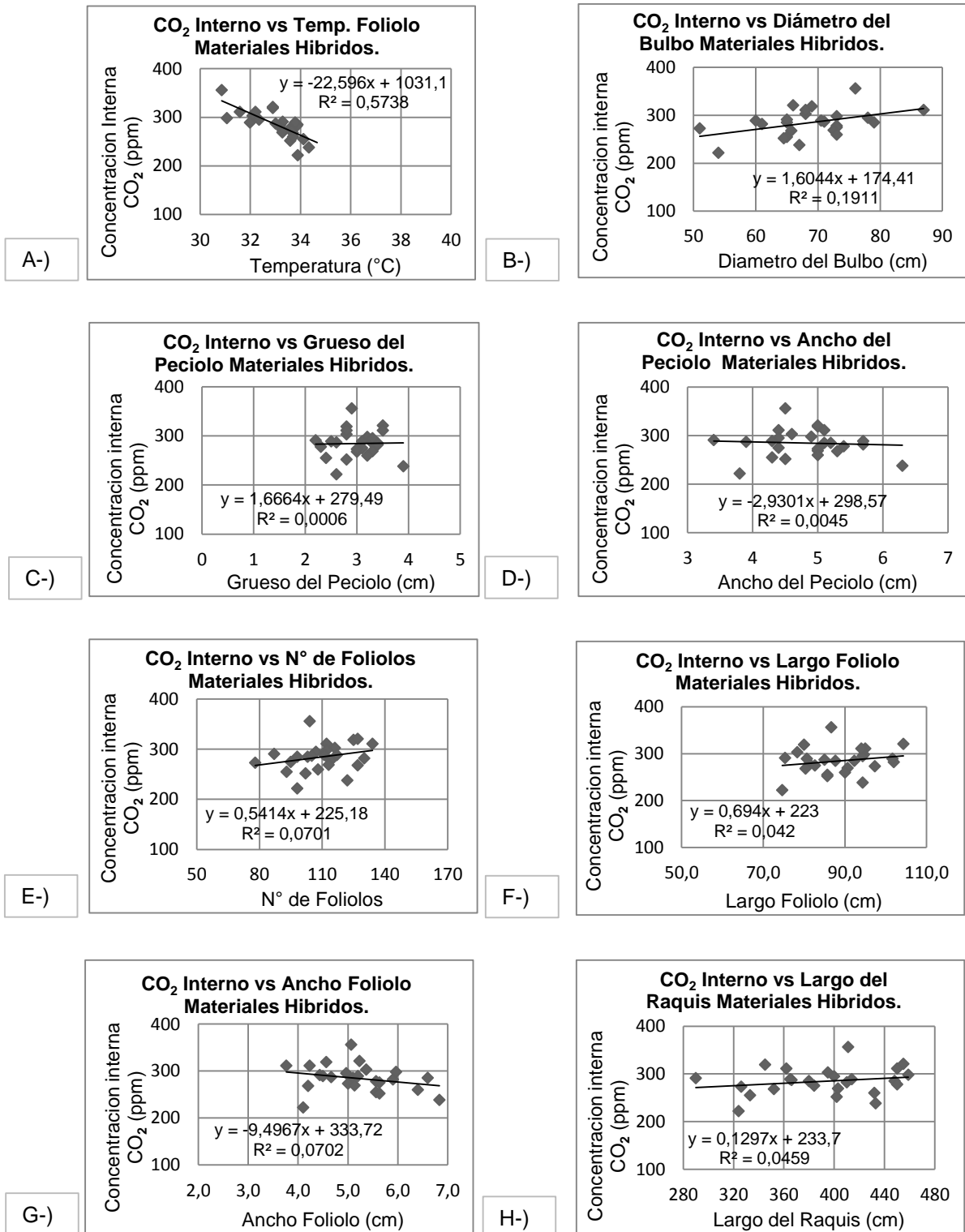
Al igual que los híbridos y los retrocruces los materiales Ténera mostraron relación entre la concentración interna de CO₂ y la temperatura de foliolo como se observa en la Gráfica 17-A esta relación fue de 53% donde a mayor temperatura menor es la concentración interna de CO₂ al igual que los híbridos y retrocruces.

A diferencia que los híbridos y retrocruces los materiales Ténera mostraron relación entre la concentración interna del CO₂ y el largo del foliolo esta relación fue de 33% como se observa en la Gráfica 17-F donde a mayor concentración interna de CO₂ mayor longitud tendrá el foliolo.

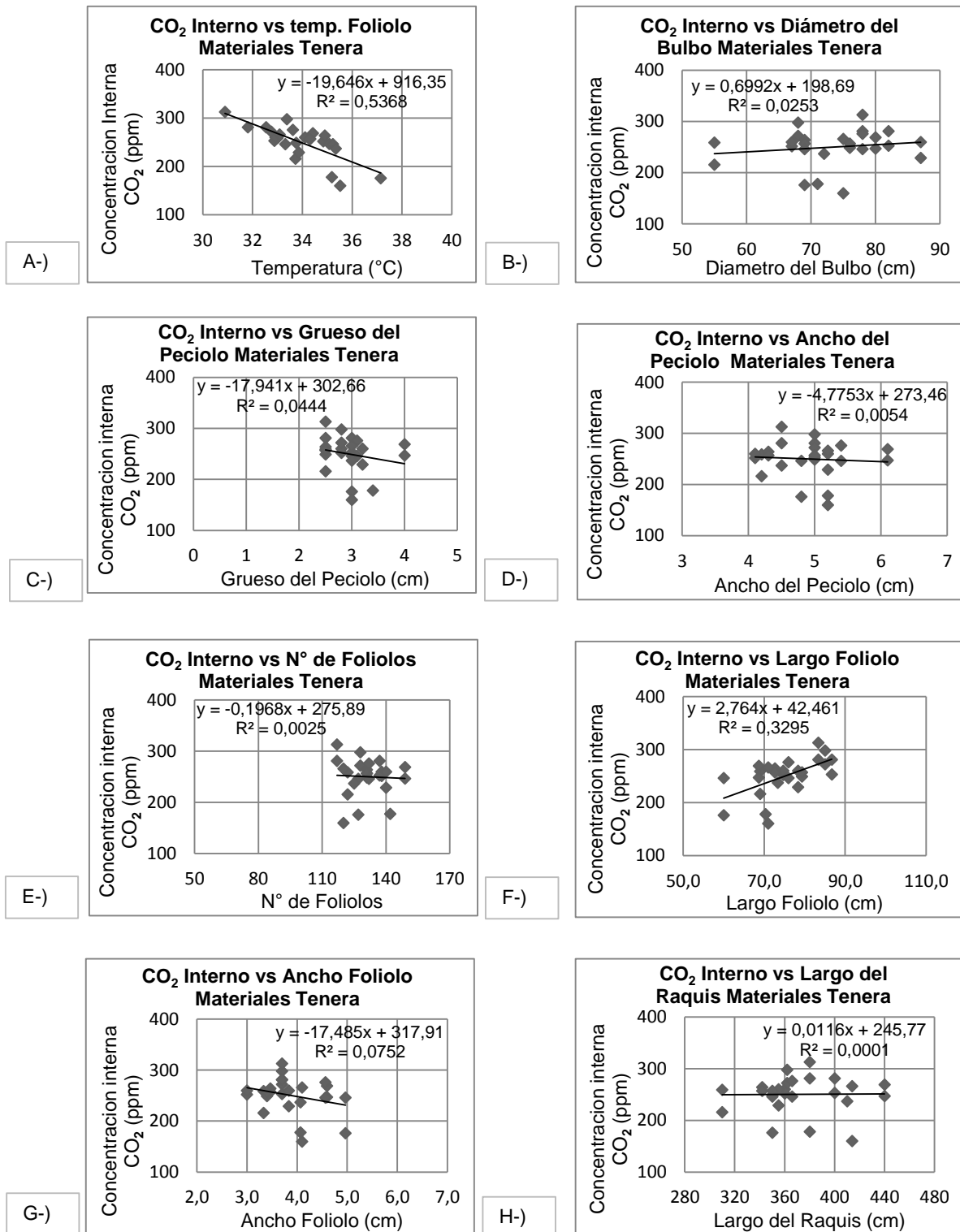
La concentración interna de CO₂ al momento de ser evaluados con las demás variables no se encontró relación entre ellas como se puede observar en la Gráfica 17.

7.3.4 Temperatura del Foliolo

La temperatura del foliolo mostro relación con algunas variables como fue nombrado anteriormente tanto para los materiales híbridos y retrocruces como para los materiales Ténera, como se observa en la Gráfica 18-A también existe relación entre la temperatura del foliolo como el diámetro del bulbo donde se observa un 15% de relación donde a mayor diámetro del bulbo menor será la temperatura en el foliolo.



Gráfica 16. Correlación de la Concentración interna de CO₂ en el foliolo de la de la hoja 17 de los materiales palma variedades híbridos O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). vs A-) Temperatura del foliolo B-) Diámetro del bulbo, C-) Grueso del Pecíolo, D-) Ancho del Pecíolo, E-) Número de foliolos, F-) Largo del Foliolo, G-) Ancho del Foliolo, H-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.



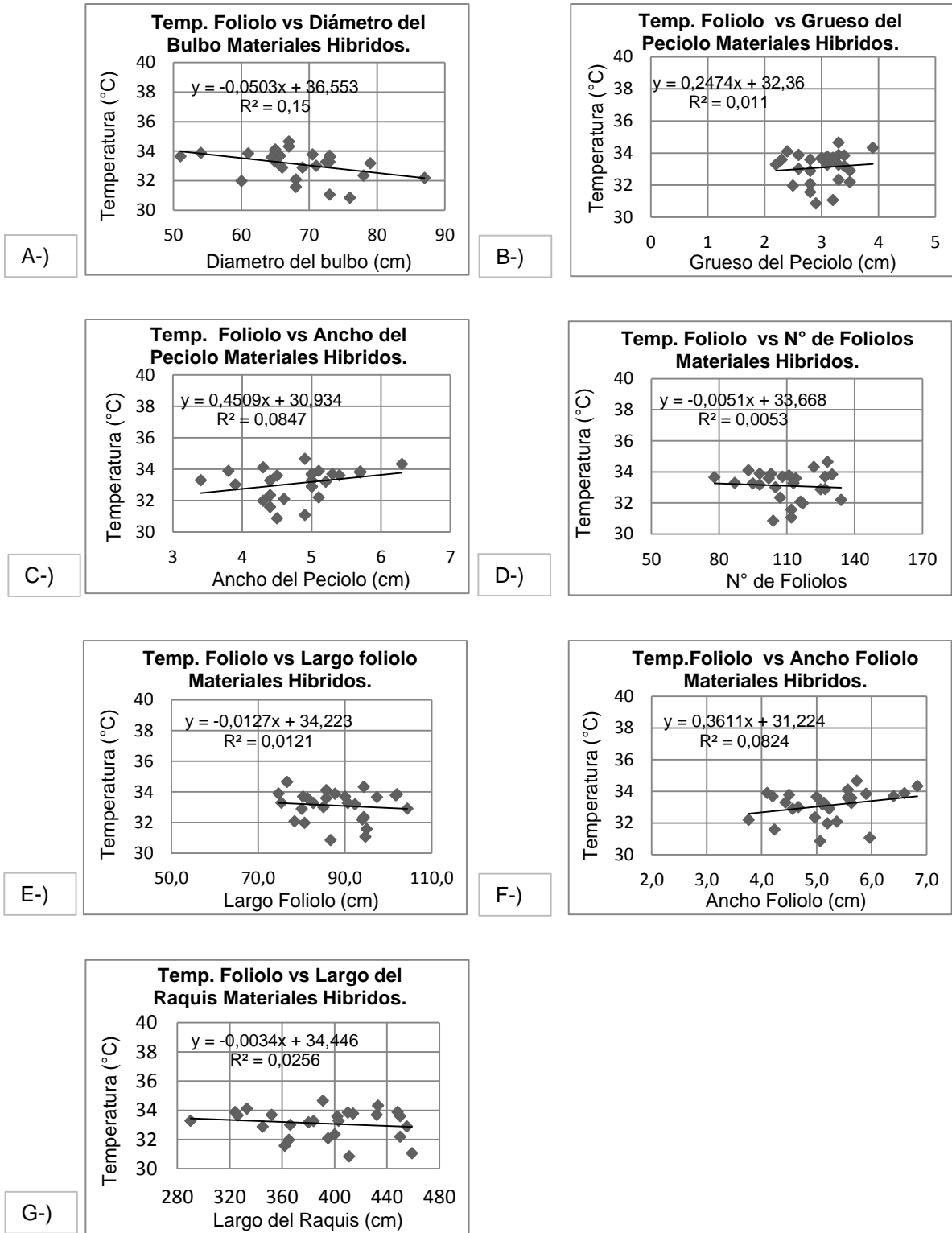
Gráfica 17. Correlación de la Concentración interna de CO₂ en el foliolo de la de la hoja 17 de los materiales palma variedades Ténera(1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) vs A-) Temperatura del foliolo B-) Diámetro del bulbo, C-) Grueso del Pecíolo, D-) Ancho del Pecíolo, E-) Número de foliolos, F-) Largo del Foliolo, G-) Ancho del Foliolo, H-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

Los demás ejercicios de correlación realizadas en los materiales híbridos y retrocruces en la Gráfica 18 no muestran relación alguna entre la temperatura del foliolo con las demás variables.

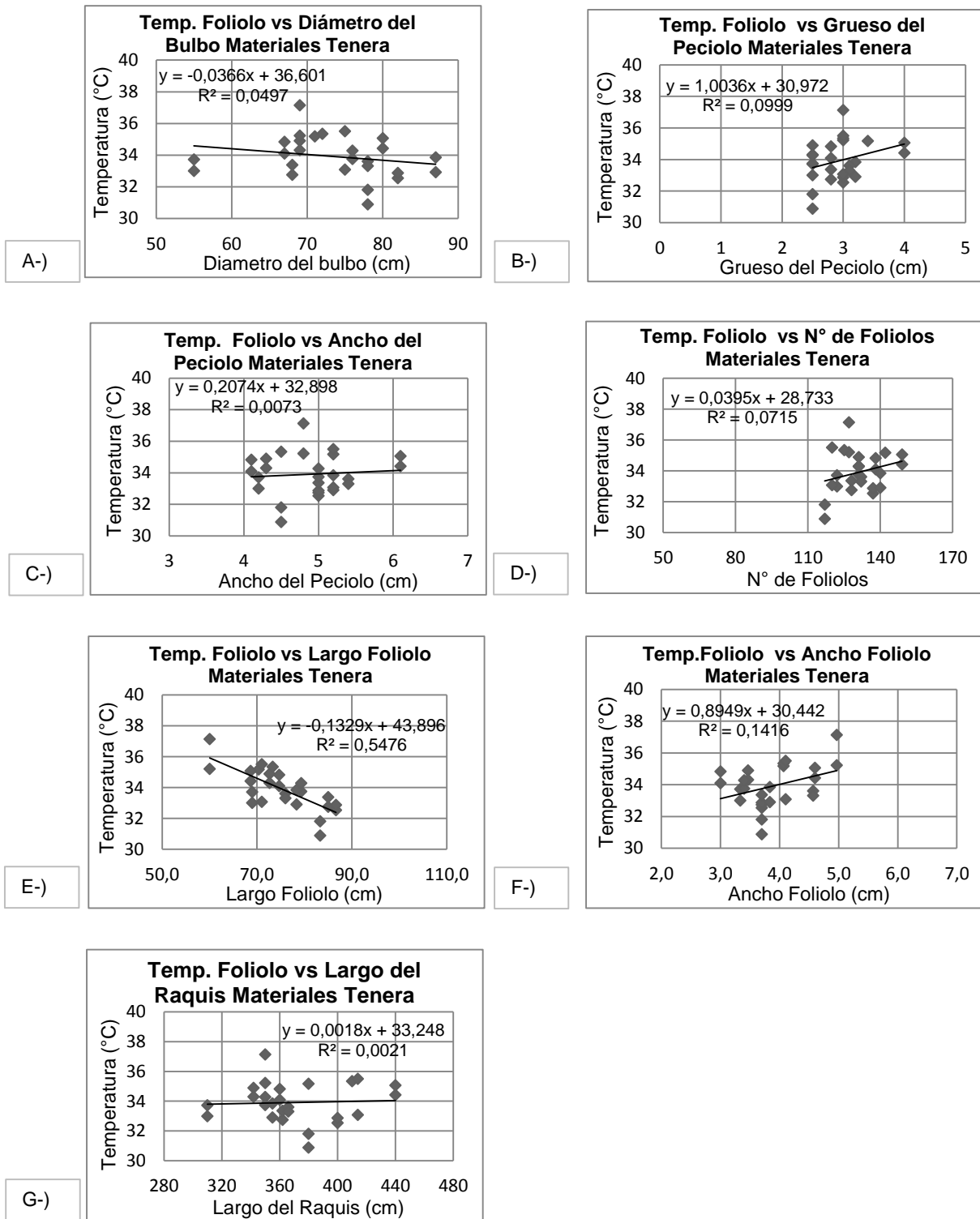
La relación entre la temperatura del foliolo y la longitud del foliolo en los materiales Ténera fue de 55% como se observa en la Gráfica 19-E y su relación es a mayor longitud del foliolo menor es la temperatura en el foliolo. Esto se puede explicar por tener hojas superpuestas produciendo su propia sombra disminuye la temperatura del foliolo (Breure, 2003; Corley & Tinker, 2003).

El ancho del foliolo presentó relación con la temperatura del foliolo como se observa en la Gráfica 19-F donde a mayor anchura del foliolo mayor será la temperatura del foliolo esta relación obtuvo un porcentaje del 14%.

En los materiales Ténera la temperatura del foliolo no tiene relación con las demás variables evaluadas como se observa en la Gráfica 19.



Gráfica 18. Correlación de la Temperatura del foliolo de la hoja 17 de los materiales palma variedades híbridos O X G (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). vs A-) Diámetro del bulbo, B-) Grueso del Pecíolo, C-) Ancho del Pecíolo, D-) Número de foliolos, E-) Largo del Foliolo, F-) Ancho del Foliolo, G-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.



Gráfica 19. Correlación de la Temperatura del foliolo de la hoja 17 de los materiales palma variedades Ténera (1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) vs A-) Diámetro del bulbo, B-) Grueso del Pecíolo, C-) Ancho del Pecíolo, D-) Número de foliolos, E-) Largo del Foliolo, F-) Ancho del Foliolo, G-) Largo del Raquis. En C.I. La Libertad-Corpoica, Villavicencio Meta.

8 Conclusiones

- Con la investigación realizada se pudo concluir que los materiales de palma *Elaeis spp* (Ténera, híbrido y retrocruces) que su actividad fotosintética se encuentra entre un rango de 9,7 a 15,6 mol CO₂ m⁻² s⁻¹ y las demás variables implicadas en este proceso son. La conductancia estomática que se encuentra en un rango 0,16 a 0,32 mmol m⁻² s⁻¹ y su concentración interna de CO₂ se cuantifico en un rango de 221 a 311 ppm a adicionalmente también se registró la temperatura del foliolo que está involucrada en el proceso de la fotosíntesis donde mostró un rango desde 32,6 a los 34,9 °C. En estos parámetros fisiológicos no se encontró tendencias entre los materiales, si no que todos los códigos están en el mismo rango.
- Con la caracterización de las variables morfológicas de los 16 materiales de palma *Elaeis spp*. se pudo concluir que la más clara diferencia se encuentra en los parámetros relacionados a los foliolos, en estas características encontramos tendencias entre materiales (Ténera, Híbridos y retrocruces).
- Al momento de relacionar los parámetros fisiológicos de los 16 materiales palma *Elaeis spp* se pudo identificar que los parámetros con mayor relación son los de la conductancia estomática vs la concentración interna del CO₂, seguidos por la concentración interna del CO₂ vs la temperatura de la hoja.
- Al momento de relacionar los parámetros fisiológicos con lo parámetro morfológicos se encontró relación entre ellos siendo mayor la relación de la temperatura del foliolo y largo del mismo. Con menor grado de relación se encuentra la temperatura y el ancho del foliolo, de igual forma las demás variables fisiológicas tienen alguna relación con el ancho y la longitud del foliolo en especial la concentración interna del CO₂.

9 Bibliografía

- Aya, H. J. (2009). *Cenipalma* . Recuperado el 08 de Agosto de 2014, de http://portal.fedepalma.org//congreso/2009/eventos_gremiales/34_patogenicidad.pdf;
- Barba, J. (2013). Híbridos OxG-PDR obtenidos a partir de oleíferas Taisha-palmar del Rio (PDR). Quito: Congreso Nacional De Investigaciones en Palma de Aceite ANCUPA-2013.
- Barba, J., Orellana, F., Vallejo, G., & Manzano, R. (2012). Evaluación agronómica de híbridos interespecificos de palma de aceite OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) provenientes de diversos orígenes americanos y su tolerancia a la pudrición del cogollo. Cartagena de Indias.: Conferencia Internacional de Palma de Aceite.
- Bastidas, S., Peña, E., Reyes, R., Pérez, J., & Tolosa, W. (2007). Comportamiento Agronómico Del Cultivar Híbrido Rc1 De Palma De Aceite (*Elaeis Oleifera* X *Elaeis*. *Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(1).
- Boari, A. d. (2008). *Estudios realizados sobre o amerelecimiento fatal do dendezeiro (Elaeis guineensis Jacq.)* (serie documentos ed.). Belém Paraná Brasil: Embrapa.
- Breure, J. (2003). *The search for yield in oil palm: basic principles*. In: fairhust, T. y Hardter, R. (eds.). *Oil palm. Management for large and sustainable yields*. Oxford. p.59.98: Potash & Phosphate Institute .
- Cano, R. s. (2000). *Respuesta fotosintética y transpiratoria del cafeto (Coffea arabica L.) cv. Colombia a la humedad del aire y*. Palmira, Colombia : Universidad Nacional Palmira .
- Cav Dwell, R., Hunt, D., Reid, A., Mensah, B., & Chinchilla, C. I. (2003). Insect pollination of oil palm - a comparison of the long term viability and sustainability of *Elaeidobius kamerunicus* in Papua. *ASD Oil Palm*, 1-16.
- Chaimsohn, F., Montiel, M., Villalobos, E., & Urpi, J. (2008). *Anatomía micrográfica del foliolo de la palma neotropical Bactris gasipaes (Arecaceae)*. Costa Rica: biol .
- Chan, K., & Yusof, B. (2000). *Retos que enfrenta la industria de la palma de aceite - La perspectiva de la plantación de palma*. (Traducido por Fedepalma ed.). Malaysia: Tomado de: Challenges facing the oil palm industry - the plantation perpstiva. oil palm developments.
- Chinchilla. (2010). *Las pudriciones del cogollo en palma aceitera: la complejidad del desorden y una guía de convivencia*. San Jose, Costa Rica: ASD-Palmatica.

- Chinchilla, C., & Richardson, D. (1991). Pollinating insects and the pollination of oil palms in central America. *ASD Costa Rica, technical Bulletin, No 2*, 1-15p.
- Corley. (1983). *Photosynthesis and age of oil palm leaves*. Photosynthetica.
- Corley, R., & Tinker, P. (2003). *the oil palm* . Oxford Blackwell Science.
- Corley. (1982). *Photosynthesis and Productivity*. Amsterdam: Oil palm researches.
- Dangond, L. L. (2014). Palma de aceite: compromiso con el progreso y la convivencia . Cali : Fedepalma .
- Dufrene, E., & Saugier, B. (1989). *Field Etudes of leaf gas exchanges in oil palm tree (Elaeis guineensis Jacq.)*. Forest tree Physiology, E. Dreyer et al. .
- Dufrene, E., Dubos, B., Rey, H., & Quencez, P. S. (1992). *changes in evapotranspiration from an oil palm stand (Elaeis guineensis Jacq.)*. Exposed to seasonal soil water deficits. Acta Oecologia.
- Fedepalma. (2010). *Anuario estadístico 2010. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y el mundo 2005-2009*. Bogotá.
- Fedepalma. (2011). *Boletín económico. Balance del sector palmero Colombiano en 2010*. Bogotá.
- Fedepalma. (2014). *Estadísticas*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2014, de <http://sispaweb.fedepalma.org/SitePages/Home.aspx>
- Franqueville, H. (2001). *La pudriccion de cogollo de la palma aceitera en America Latina* . CIRAD-Burotop.
- Gliessman, S. (2002). *Agroecologia: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba, C.R.: CATIE.
- Gómez, P., Mosquera, M., & Castilla, C. (2005). Oil. palm: a sustainable agro-industry in Colombia. *Oleagineux, Corps Gras, Lipides*, 121-124.
- Hall, D., & Rao, K. (1995). *Photosynthesis*. Cambridge: University Press.
- Hanif, M. (2006). *Gas exchange of excised oil palm (Elaeis guineensis) Fronds*. Asian Journal of plant Sciences.
- Hartley, C. (1983). *La palma de aceite* . México. 958p.: Continental.
- Henson, I. (1992). *Carbon assimilation, respiratioin and productivity of young palm (Eleais guineensis)*. Malasia .
- Henson, I. (1993). *Carbon assimilation, water use and energy balance of oil palm plantation assessed using micrometeorological techniques*. Porim : International palm oil congress.

- Hong, T., & Corley, R. (1976). *Leaf temperature and photosynthesis of a tropical C3 plant, Elaeis guineensis*. Malaysian : Agriculture research development Institute.
- Hopkins, W., & Huner, N. (2004). *Introduction to plant physiology*. John Wiley & Sons. Inc. United States of America .
- IDEAM, & UPME. (s.f.). *Mapas de Radiación solar global sobre una superficie plana*. Colombia: Instituto de hidrología, meteorología y estudio ambientales .
- Kallarackal, J., Jeyahumar, P., & Jacob, G. (2004). *Water use od irrigated oil palm at three different arid localitions in eninsular India* . India : Journal of Oil Palm Research.
- Kushairi, A. (2008). *Oil palm cultivation and production yield. in: MPOB.Selected readings on palm oil and its uses for palm familiarization programme (POFP)*. Kuala Lumpur.
- Lamade, E., & Setiyo, E. (1996). *Variation in maximun photosynthesis of oil palm in Indonesia: comparison of three mosphologically contrasting clones*. Develop: Plant Rech.
- Lamade, Setiyo, I., Girard, S., & Ghashghaie, J. (2009). *Changes en 13C/12C of oil palm leaves to understand carbon use during their passage from heterotrophy to autotrophy*. Wiley InterScience.
- López Murcia, J. E. (2014). *CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FISIOLÓGICA DE PALMAS DE ACEITE TAISHA (Elaeis oleífera HBK Cortés) Y SUS HÍBRIDOS (Elaeis oleífera HBK Cortés x Elaeis guineensis Jacq.) EN LA REGIÓN AMAZÓNICA DEL ECUADOR*. Bogotá D.C.: Facultad de ciencias de la universidad nacional de colombia.
- Magalhaes, A. (1985). *Fotosintese, Fisiologia vegetal* . Sao Paulo: EPU.
- May, C., & Bahari, M. (2008). *Introducción to MPOB Malaysian palm oil industry. In: MPO Selected readings on palm oil and its uses for palm familiarization programme(POFP)*. Kuala lumpur .
- Mutert, E. (2006). *La palma aceitera, el cultivo dorado de los tropicos* .
- Noor, M., Ismail, M., Harun, M., & Mahmood, M. (2005). *Leaf study and gas exchange of commercial DxP and PS.1 oil palm seedlings. Proceeding of agriculture, biotechnology and sustainability conference*. Selangor Malaysia.: International Palm Oil Congress.
- Paláez, E. y. (2004). *Caracterización fisiológica de palmas africana (Elaeis guineensis Jacq.), Noli (Elaeis oleífera HBK. Cortes) e híbridos interespecíficos (Elaeis oleifera HBK. x Elaeis guineensis Jacq.)*. Bogota

D.C. : Trabajo de grado para obtener el título de Ingenieros Agrónomos, Universidad Nacional de Colombia .

Paramanathan, S. (2003). *Land selection for oil palm. In: Fairhurst, T. y Hardter, R. (eds.). Oil palm. Management for large and sustainable yields.* Oxford: Potash & phosphate Institute (PPI).

Peláez, E. D. (2010). *Fisiología comparada de palmas africana (Elaeis guineensis Jacq.), americana (Elaeis oleifera H.B.K. Cortés) e Híbridos (Elaeis oleifera x Elaeis guineensis) en Hacienda la Cabaña .* Fedepalma palmas 31(2), 29-38.

Reyes. (2012). *Respuesta Fisiológica de la palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) a la disponibilidad de agua en el suelo (Tesis Posgrado ed.).* Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Reyes. (2012). *Respuesta fisiológica de la palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) a la disponibilidad de agua en el suelo (tesis ed.).* Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Rivera. (2009). Caracterización Fisiológica y morfológica de palmas americanas de aceite (Elaeis oleifera H.B.K. Cortés) y sus Híbridos (Elaeis oleifera x Elaeis guineensis) de la plantación Indupalma. Bogotá: Tesis para optar al título de Ingeniería Agrónoma. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia 123 páginas.

Rivera, & López., C. y. (2013). *Physiological and morphological characterization of American oil palms (Elaeis oleifera HBK Cortes) and their hybrids (Elaeis oleifera x Elaeis guineensis) on the indupalma.* Agronomía Colombiana 31(3), 316-325.

Rodriguez, W., & Villalobos, E. (1998). *Correlacion de la fotosíntesis foliar y el coeficiente de extinción de luz con la productividad de siete cruces de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) con características contrastantes del dosel, el crecimiento y la productividad.* Costa Rica : Universidad de Costa Rica .

Romero, H. M. (2007). Ecofisiología de la palma de aceite. *palmas*, 28(Tomo 1).

Salisbury, F., & Ross, C. (1992). *Plant physiology.* Belmont: Wadsworth Publishing Company.

Setyo, I., & Subronto and Lamade, E. (1996). *Photosynthetic rate of the three different DxP clones: The sensitive to vapor pressure deficit in North Sumatra .* Bangi Malaysia: PORIM International Palm Oil Congress. .

- Shibles, R., & Villalobos, E. (2001). *Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. Procesos fisiológicos básicos. Fascículo 1*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Silvio, B., Eduardo, P., Rafael, R., Jose, P., & William, T. (2007). Comportamiento agronómico del cultivar híbrido Rc1 de palma de aceite (*Elaeis oleifera* X *Elaeis guineensis*) X *Elaeis Guineensis* . *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* , 8(1), 5-11.
- Suresh, K., & Nagamani, C. (2006). *Variation in photosynthetic rate and associated parameters with age of oil palm leaves under irrigation*. *Photosynthetica*.
- Taylor, M., Chinchilla, C., & Rodriguez, W. (2008). *Leaf architecture and estimates of leaf area and leaf dry weight in young compact oil palm clones (Elaeis guineensis Jacq.)*. *ASD Oil Palm* .
- Teoh, C. (2004). *Desarrollo sostenible en la industria de la palma de aceite. Palmas* (The Planter ed.). Traducido por Fedepalma. Tomado de: The Business case for sustainable development in the oil palm industry. .
- Torres, M. L. (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 ed.).
- Villalobos. (2001). *Absorción, transporte y balance hídrico en la planta*.
- Villalobos. (2001). *Fisiología de la producción de los cultivos tropicales*. UNiversidad de Costa Rica.
- Yusof, B., & Chan, K. (2004). *Regreso a las cosas básicas: producción sostenible de alto rendimiento en palma de aceite. Palmas* (Tomado de: Oil palm bulletin. 2003 ed.). Traducido por Fedepalma. .