



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS



**Desarrollo de tres variedades de *Coffea arabica* L. injertadas
y de pie franco bajo diferentes condiciones ambientales**

TRABAJO DE EXPERIENCIA RECEPCIONAL

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTA

ALEJANDRO DE JESUS ROSAS ZUÑIGA

XALAPA, ENRIQUEZ, VER.

Junio 2017



INDICE

Resumen	10
I. INTRODUCCION	11
II. OBJETIVO GENERAL	12
2.1. Objetivos particulares	12
III. HIPOTESIS	12
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
4.1. Importancia del cultivo de café en México.....	13
4.2. Problemas de productividad en México	15
4.3. Especies Cultivadas de café en Mexico.....	16
4.4. Principales variedades de Café cultivadas en Mexico.....	18
4.4.1. Porte Alto	18
4.4.2. Porte Bajo	20
4.5. Variedades Introgresadas resistentes a la Roya	23
4.6. Híbrido F1	25
4.7. Influencia del cambio climático sobre el cultivo de café.....	26
V. MATERIALES Y MÉTODOS	28
5.1. Sitio Experimental INIFAP	28
5.2. Finca Roma	29
5.3. Datos Climáticos	30
5.4. Plan Experimental.....	31
5.5. Estudio de Crecimiento.....	34
5.6. Fenotipaje de Hojas.....	34
VI. RESULTADOS.....	36



6.1. Diámetro de los troncos	36
6.2. Altura de los cafetos	39
6.3. Numero de entrenudos del ortótopo	42
6.4. Hojas de los cafetos.....	44
6.4.1. Tamaño de Hojas	44
6.4.2. Peso Fresco.....	46
6.4.3. Peso Fresco Específico	47
6.5. Largo de los Plagiotropos 6°,10° y 15°	48
6.5.1. Plagiotropo 6°	48
6.5.2. Plagiotropo 10°	49
6.5.3. Plagiotropo 15°	49
6.6. Área Foliar de las Hojas	51
6.7. Número total de hojas de los plagiotropos (6°,10° y 15°).....	54
6.8. Porcentaje de Caída Foliar de los Cafetos	55
6.9. Desarrollo del Fruto	56
6.9.1. Conteo de Botones Florales	56
6.9.2. Conteo de Flores.....	57
6.9.3. Conteo de Frutos	58
6.9.4. Potencial de Fructificación	59
VII. DISCUSIÓN	63
VIII. CONCLUSIONES.....	65
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	67



INDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Pág.
No.1	Resultados del análisis de varianza para el diametro (mm) de los troncos de los cafetos	36
No.2	Resultados de análisis de varianza de la altura de los cafetos (m)	39
No.3	Resultados de análisis de varianza de la variable Numero de entrenudos del ortótropo en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones	42
No.4	Resultados de análisis de varianza de tamaño de hojas de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones.	44
No.5	Resultados de análisis de varianza de la variable Peso Fresco de las hojas de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, Injertación y de sus interacciones.	46
No.6	Resultados de análisis de varianza de la variable Peso Fresco Específico de las hojas de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones.	47
No.7	Resultados de análisis de varianza de la variable largo del plagiotropos 6° de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y sus interacciones	48
No.8	Resultados de análisis de varianza de la variable largo del plagiotropos 10° de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones	49
No.9	Resultados de análisis de varianza de la variable largo del plagiotropos 15° de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones	49
No.10	Resultados de análisis de varianza de la variable Área Foliar de las hojas de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones	51
No.11	Resultados de análisis de Varianza “del número total de hojas de los plagiotropos (6°,10°15°) de los cafetos en función de los tres factores parcela, varianza, PFvsINJ y de sus interacciones.	54



No.12	Resultados de análisis de varianza dela variable “Caída Foliar” de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones.	55
No.13	Resultados de análisis de varianza dela variable “Conteo de Boton Floral” de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones.	56
No.14	Resultados de análisis de varianza de la variable “Conteo de Flores” de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones.	57
No.15	Resultados de análisis de varianza dela variable “Frutos” de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones.	58
No.16	Resultados de análisis de varianza dela variable “Fructificación” de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones	59



INDICE DE FIGURAS

Figura	Descripcion	Pág.
No.1	Principales estados productores de café cereza 2012-2015	13
No.2	Exportación de Mexico durante 15 años de café	14
No.3	Árbol de problemas generalizados de la cafeticultura en México (Escamilla, 2007)	16
No.4	Variedades derivadas de los híbridos de Timor (ANACAFE, 2017)	23
No.5	Localización geográfica del INIFAP, Teocelo. Ruta de llegada (color azul). <i>Tomado y modificado de:</i> www.google.com/maps .	28
No.6	Rectángulo de la parcela experimental en INIFAP, Teocelo. <i>Tomado de</i> Google Earth, 2015.	28
No.7	Localización geográfica de Finca Roma, Municipio de Emiliano Zapata. Ruta de llegada (color azul). <i>Tomado y modificado de:</i> www.google.com/maps .	29
No.8	Rectángulo de la parcela experimental en INIFAP, Teocelo. <i>Tomado de</i> Google Earth, 2015.	29
No.9	Pluviometría Mensual (mm)	30
No.10	Temperaturas mínimas y máximas promedios mensuales (°C)	30
No.11	Diseño de las parcelas	31
No.12	División de las Variedades en las parcelas	32
No.13	Número de cafetos por variedad, modo de siembra y cafetos que se utilizaron para el estudio	33
No.14	Modo de Medición de hojas (largo y ancho)	35
No.15	Diámetro (mm) de tronco de los cafetos en cada parcela experimental.	37
No.16	Resultados del diámetro (mm) de tronco de los cafetos injertados y de pie franco.	37
No.17	Resultados de diametro (mm) de tronco de los cafetos para cada variedad en cada parcela experimental.	38
No.18	Resultados de la altura (m) de los cafetos en cada parcela experimental	40



No. 19	Resultados de altura (m) de los cafetos para cada variedad.	40
No.20	Resultados de la altura (m) de los cafetos para cada Variedad en cada Parcela.	41
No.21	Resultados del Numero de entrenudos de ortótropo de los cafetos en cada parcela experimental.	43
No.22	Resultados del número de entrenudos de ortótopos de los cafetos para cada variedad.	43
No.23	Promedios del tamaño de las hojas (cm ²) de los cafetos para cada variedad en cada parcela experimental.	45
No.24	Resultados del peso específico (g) de las hojas de los cafetos para cada variedad en cada parcela experimental.	47
No.25	Resultados del largo de los tres plagiotropos medidos (6°,10°,15°) de los cafetos para cada variedad en cada parcela experimental.	50
No.26	Resultados del área foliar de las hojas de los cafetos en cada parcela experimental.	52
No.27	Resultados del área foliar de las hojas de los cafetos para cada variedad.	52
No.28	Resultado del área foliar (cm ²) de las hojas de los cafetos Injertados y Pie Franco.	53
No.29	Resultado del área foliar de las hojas de los cafetos para cada variedad en cada parcela experimental.	53
No.30	Número promedio total de hojas sobre los tres plagiotropos (6°,10°,15°) de los cafetos en cada parcela experimental.	54
No.31	Porcentaje de la caída foliar de los cafetos en cada parcela experimental.	55
No.32	Resultado del potencial de la fructificación de los cafetos en cada parcela experimental	59
No.33	Resultados del potencial de fructificación de cafetos para cada variedad.	60
No.34	Resultados del potencial de fructificación para cada variedad en cada parcela experimental.	60
No.35	Resultados del potencial de fructificación para cada variedad en cada parcela experimental a pie franco e injertado	61
No.36	Potencial de la fructificación en los tres estados (botón floral, flores, fruto)	62



Dedicatorias

A Dios que siempre ha estado sujetando mi mano, a pesar de que caigo mal siempre me vuelve a levantar una y otra y otra vez, nunca me ha abandonado caminando a un lado mío.

A mi padre Alejandro Rosas Barradas que siempre ha sido mi superhéroe luchando contra todo para poder sacarme adelante y a pesar de no siempre pensar igual y tener algunas que otras diferencias él siempre está para apoyarme y enseñarme cosas.

A mi madre Fidelina Zúñiga Facio que siempre está para darme un buen jalón de orejas cuando lo necesito o guiarme por el buen camino, por darme un consejo y siempre tener las palabras correctas en el momento adecuado.

A mi hermana Lizeth Elianet Rosas Zúñiga que siempre me ha cuidado, le e importado y se ha preocupado por mí en cada momento desde que nací, que ha puesto bastante para que yo esté en este momento y siempre dispuesta a escuchar y darme un consejo.

A mi hermano Josué Emmanuel Rosas Zúñiga que ha sido mi amigo siempre tratando de apoyar y ayudarme en lo que necesite, siempre para darme un consejo, siempre diciéndome la verdad aunque fría y seca pero siempre hablándome bien.

Al abuelo (†), Taide Rosas Rivera que aunque ya no este conmigo le debo esto y mucho más, porque siempre estuvo para cuidarme, darme un consejo y apoyarme en lo que fuera.

A la abuela, Natalia Facio, que siempre estoy en sus oraciones, me ha cuidado y apoyado.

A Cristel Ortega Méndez que siempre me ha apoyado cuando nadie lo ha querido hacer, ha creído cuando nadie lo hace, me ha escuchado, aguantado mis quejas, mis problemas de autoestima, ayudado demasiado, siempre se toma un momento para mí, es la ley muchachita!

A mis padrinos Carlos y Elia que son mis segundos padres, que me han apoyado, querido y apreciado como si yo fuera su hijo.

A mi primo, que digo primo mi hermano Gerson que hemos sido compinches desde morros, que siempre está para escuchar, darme un consejo y siempre reír nunca aguitarse, eres una chingonería primo.



Agradecimientos

A la familia Rosas y Zúñiga que aunque hay muchas diferencias en las actitudes y manera de ser de cada uno siempre han estado para apoyar en lo que han podido.

Al Dr. Luc Henri Villain por sus grandes aportes para que el trabajo se llevara a cabo de mejor manera, su tiempo dedicado durante este estudio y por supuesto los cafés eso no podría faltar. Gracias

Al Dr. Carlos Roberto Cerdán Cabrera por su valioso tiempo perdido conmigo y al final de la carrera. Y sobre todo por ser una excelente profesor.

Al campo experimental INIFAP en Teocelo y Finca Roma por darme la oportunidad de realizar las mediciones y siempre estar al pendiente de uno.

A mis amigos que conocí en la carrera Iván Quinto, Wuchirri, Lidia, Alejandro Quinto, Saúl Quinto por compartir buenos y malos momentos, siempre apoyando en los momentos que se necesitan, escuchando y dando una opinión.

A mis amigos del Toby Kike, Martin, “H”, Chuy, Luis, Diego, China, Patrón, Jorge, Moni, Rigo, Potro, Bibiano, Chava, Pinal que a pesar de la distancia sé que contare con ellos para los malos momentos y pasar buenos ratos platicando.



Resumen

El café Arabica (*Coffea arabica* L.), es un cultivo tropical que se estableció principalmente en las vertientes de las cadenas montañosas del centro y del sur del país, en terrenos con pendientes de suaves a muy pronunciadas, y bajo cubierta de un dosel de diversos árboles. A pesar de ser una fuente importante de trabajo en zonas rurales de ser proveedora de muchos servicios ecosistémicos para el país y la sociedad mexicana, el cultivo de café se está abandonando en particular se debe en gran parte a una muy baja rentabilidad de los ranchos cafetaleros. Esta baja rentabilidad se debe a su vez en gran parte por la edad avanzada de los cafetales y el uso de variedades inadecuadas y/o muy poco productivas. Algunas soluciones a estos problemas ha sido la introducción variedades presentando estas características están los Catimores, los Sarchimores y las más recientes variedades híbridas F1. La práctica del injerto sobre un patrón vigoroso de *C. canephora* con una mejor colonización radicular del suelo y también resistente a nematodos puede ser también, en conjunto con la elección de una variedad adecuada, una opción para mejorar la productividad y rentabilidad de los cafetales. En el presente estudio se analizaron los efectos de las diferentes condiciones ambientales y el modo de siembra Pie Franco e Injertación a pleno sol y sombra para ver la adaptabilidad de las dos variedades homocigotas (Marsellesa, Garnica) y una híbrida F1 (H18). El estudio nos mostró diferencias en la adaptabilidad entre las variedades, la variedad Marsellesa es más dependiente de las condiciones ambientales, la injertación es de gran ayuda solo si se tienen algún problemas de nematos en la finca ya que si no es así se podría sembrar a Pie Franco. El H18 es una variedad que se adaptó a su altitud y suelo de teocelo desarrollándose en los dos tratamientos de Pleno Sol y Bajo Sombra.



I. INTRODUCCION

El café Arabica (*Coffea arabica* L.), es un cultivo tropical que se estableció principalmente en las vertientes de las cadenas montañosas del centro y del sur del país, en terrenos con pendientes de suaves a muy pronunciadas, y bajo cubierta de un dosel de diversos árboles (INIFAP 2013. El Sistema productivo de café en Mexico: problemática y tecnología de producción). La producción de este cultivo es de gran importancia socio-económica ya que requiere de mucha mano de obra desde la siembra hasta la cosecha. La cafecultora mexicana ocupa el sexto lugar entre los países productores latinoamericanos, muy por debajo de Brasil y Colombia que son los principales productores del aromático en el continente americano (OIC, 2017). México es el segundo productor mundial de café orgánico, después de haber ocupado el primer lugar durante un buen tiempo (FAOSTAT, 2014; <http://faostat.fao.org>).

Para México, y en particular para el Estado de Veracruz, el cultivo de café es importante económica, social, y ecológicamente, ya que es un producto que se produce en zonas donde se observa la presencia de pobreza y marginación, así como grandes atrasos en la dotación de servicios básicos y las oportunidades de empleo y desarrollo de sus habitantes (Robles, 2011).

A pesar de ser una fuente importante de trabajo en zonas rurales de ser proveedora de muchos servicios ecosistémicos para el país y la sociedad mexicana, se observa un abandono constante de este cultivo para otras actividades como fraccionamientos a proximidad de zonas urbanas o para otros cultivos como la caña de azúcar los cuales tienen un mayor impacto sobre el medio ambiente. Este fenómeno de abandono del cultivo de café en particular de las nuevas generaciones se debe en gran parte a una muy baja rentabilidad de los ranchos cafetaleros. Esta baja rentabilidad se debe a su vez en gran parte por la edad avanzada de los cafetales y el uso de variedades inadecuadas y/o muy poco productivas.

Algunas soluciones planteadas para corregir los problemas antes mencionados se ha implementado un programa de renovación masiva de cafetales. Diversas instituciones del sector han conjuntado



esfuerzos con intermediarios financieros, empresas y otros actores de la cadena con la finalidad de repoblar las plantaciones de café con variedades de mayor productividad, resistentes a plagas y enfermedades, en particular a la roya y a los nematodos, así como de incrementar la densidad de siembra con variedades más compactas (porte bajo). Dentro de las opciones de variedades presentando estas características están los Catimores, los Sarchimores y las más recientes variedades híbridas F1. La práctica del injerto sobre un patrón vigoroso de *C. canephora* con una mejor colonización radicular del suelo y también resistente a nematodos puede ser también, en conjunto con la elección de una variedad adecuada, una opción para mejorar la productividad y rentabilidad de los cafetales (González y Nigh 2005; Fira 2015).

Con esta finalidad, se realizó un estudio para evaluar el desarrollo de tres variedades de *Coffea arabica* L. e identificar cual es la mejor variedad en diferentes condiciones climáticas y de manejo.

II. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desarrollo de tres variedades de café Arabica (*Coffea arabica* L.) bajo diferentes condiciones ambientales y de cultivo en la zona central del Estado de Veracruz.

2.1. *Objetivos particulares*

- Identificar cuál es la mejor variedad para los sitios de estudio comparando el desarrollo de dos variedades homocigotas (cv. Marsellesa, Garnica) y una variedad híbrida F1 (H18).
- Evaluar el efecto de la injertación sobre el desarrollo de cada una de las variedades del estudio en las diferentes condiciones ambientales.

III. HIPOTESIS

La interacción entre las condiciones ambientales y el modo de siembra ya sea injertación o pie franco, influye diferencialmente sobre el desarrollo de las variedades estudiadas.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. *Importancia del cultivo de café en México*

Existen versiones de la llegada del café a México, donde fue introducido por Veracruz proveniente de Cuba a finales del siglo XVIII, posteriormente fue sembrado en Teocelo, región cercana a Coatepec. En el siglo siguiente fue extendido por el territorio nacional hasta conformar las actuales regiones cafetaleras (Pérez-Akaki, 2011). El Panorama Agroalimentario (2015), a través de SIAP-SAGARPA informa que la producción de café cereza está ubicada principalmente en la Sierra Madre del Sur, en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas; así como en la Sierra Madre Oriental (Figura 1) con un aporte del 21% de la producción nacional. (SIAP-SAGARPA 2015).

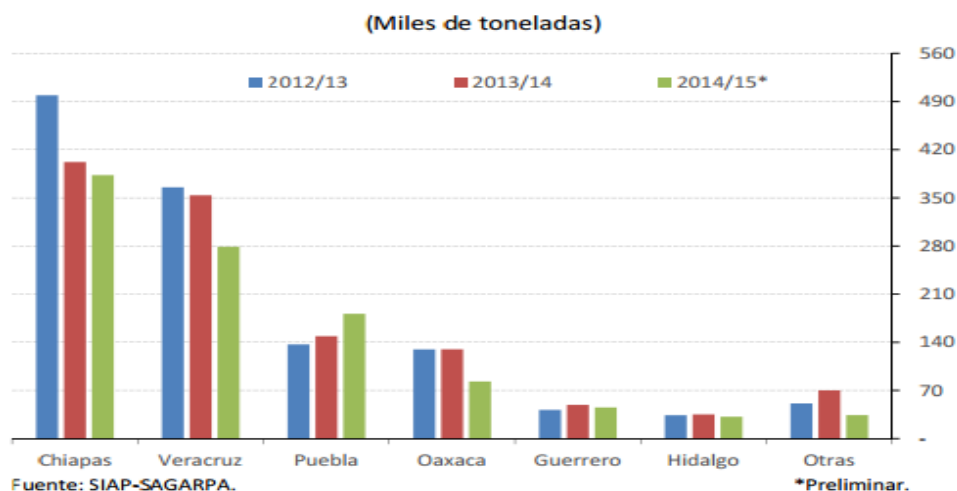


Figura 1. Principales estados productores de café cereza 2012-2015

El cultivo del café en México es importante económica, social y ecológicamente, ya que en la zona cafetalera se presentan altos niveles de pobreza y marginación, así como poca diversificación productiva, que se refleja en los bajos ingresos de los productores y trabajadores (Robles-Berlanga 2011). Sin embargo el café es la fuente de divisas agrícolas más importantes para el país; hasta el año 2000, México ocupaba el cuarto lugar mundial como productor del grano, aportando el 5% de la producción, cuyo volumen era alrededor de 5 millones de sacos de 60 kg. Desde entonces, su contribución a la producción mundial ha ido a la baja, hasta reducirla a tan solo 3.2%, teniendo una



aportación con tendencia a la baja a partir del año 2011 (Figura 2), ocupando en el ciclo 2006/2007 el séptimo lugar mundial como productor (Escamilla 2007).

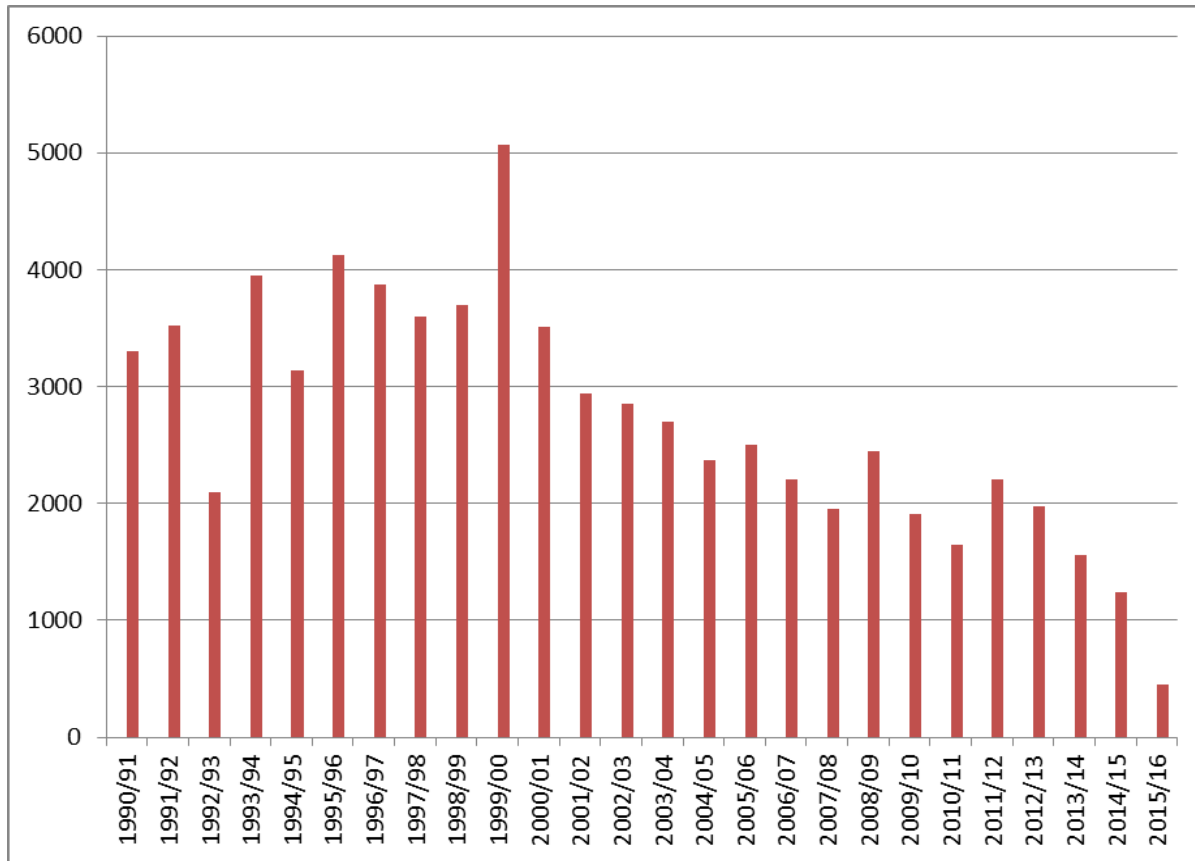


Figura 2. Exportación de México durante 15 años de café

Sin embargo, este grano contribuye con más de la tercera parte de las divisas generadas por el sector agropecuario (SAGARPA, 2005).

El café es un cultivo de gran importancia social, al ser una de las mayores fuentes generadas de empleo en el medio rural, en particular en las comunidades de marginación alta enclavadas en las zonas serranas, donde cerca de 300 mil familias dependen de este cultivo y la cosecha del fruto (Cafés de México, 2006).



4.2. **Problemas de productividad en México**

Durante dos siglos el cultivo del café fue trabajado en un sistema agroforestal de sombra, pero al arribo de la racionalidad agroindustrial el sistema que se implantó fue la creación de variedades adaptadas a condiciones de pleno sol y de alto rendimiento. Esto condujo a la necesidad de fertilizantes químicos y plaguicidas, provocando impactos de carácter ecológico. En México, a finales de la década de los 70, el ya desaparecido Instituto Mexicano del Café, INMECAFE, quiso aplicar los métodos de la revolución verde a la cafeticultura mexicana impulsando: el uso intensivo de agroquímicos; el incremento de densidad de siembra; la adopción de nuevas variedades altamente productivas y resistentes a plagas y enfermedades; la remoción completa de los árboles de sombra. Esta implementación mostró efectos a décadas anteriores. Sin embargo solo se mostró en las regiones planas y donde había más dinero en el país su cometido en muchas regiones cafetaleras del país (Moguel y Toledo, 2004).

El sector cafetalero mexicano lucha por sostener su producción en medio de pequeñas unidades productoras (promedio de 1,38 ha; López et al. 2013a), con bajos rendimientos, problemas fitosanitarios (principalmente broca *-Hypothenemus hampei* y roya *-Hemileia vastarix-*), plantaciones viejas, mezclas de variedades a nivel de lote y surco, baja generación de valor agregado, no acceso a crédito y seguros, poca transferencia de tecnología y ausencia en asistencia técnica a los productores (Robles-Berlanga 2011; Hernández-Martínez et al. 2013; López et al. 2013a). Adicionalmente, problemas socioeconómicos como la migración interna e internacional (Mestries 2006; Gitter et al. 2012; Hunter et al. 2013) y la ampliación de la mancha urbana incrementan la crisis en el sector cafetalero (Manson en Williams-Linera et al. 2002).

Sin embargo el problema principal es la rentabilidad baja de las fincas a consecuencia de rendimientos y precios bajos, y costos de producción altos, lo que se refleja en un manejo mínimo de plantaciones. Asimismo, la existencia de cafetales de edad avanzada o descompensados y las expectativas mínimas de renovación de fincas, finalmente influyen en la calidad física del grano y organoléptico de la bebida. Además, el material de plantación es inadecuado, y en la mayoría de los casos, carente de regulación alguna (Escamilla ,2007).

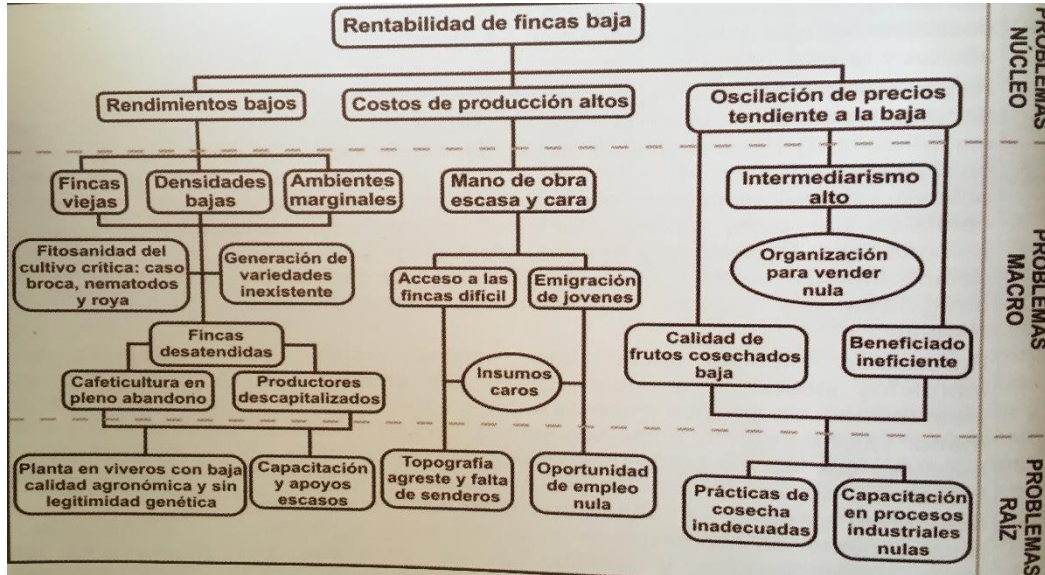


Figura 3. Árbol de problemas generalizados de la cafecultura en México (Escamilla, 2007)

Para lograr soluciones a los problemas antes mencionado se podría restablecer los cafetos en ambientes agroecológicos óptimos, sembrar la variedad o variedades más se adapten a las condiciones locales, utilizar material de plantación de calidad alta, establecer el cafetal con el espacio óptimo de acuerdo al sistema de producción y capacidad de inversión, hacer un manejo de cafetal que permita obtener rendimiento y calidad del café cosechado altos, formar fincas productivas, rentables y amigables con el ambiente, y aplicar procesos de beneficiado a escala para familias, que podrían generar empleo de mano de obra disponible y agregar valor a la cosecha, además de tener más oportunidad de intervenir en el precio de venta final del café.

4.3. Especies Cultivadas de café en Mexico

En la producción de café se distinguen dos especies principales: *C. arabica* y *C. canephora* también llamada comúnmente Robusta. Otra especie también cultivada pero en menor escala es el *C. liberica* (café Libérica).

El *C. arabica* es un arbusto grande de unos 5 metros de altura, con hojas ovaladas y de color verde oscuro brillante, de fruto ovalado que tarda en madurar de 7 a 9 meses en función de la temperatura y por lo tanto en función de la altitud y latitud. La mayoría de las variedades de *C. arabica* son susceptibles a plagas y enfermedades, por lo cual la obtención de resistencia a estos organismos es,



con la productividad, una de los principales objetivos de los programas de mejoramiento vegetal (Rojo, 2014).

C. canephora es un arbusto o pequeño árbol robusto, con raíz poco profunda que puede alcanzar diez metros de altura. El fruto es redondeado y tarda hasta 11 meses en madurar; la semilla es de forma alargada y más pequeña que la de *C. arabica* mientras que las hojas por lo general suelen ser más grandes (Rojo, 2014). Las variedades de café robusta son menos vulnerables a ciertas plagas y enfermedades, asimismo, muestran mayor resistencia a la roya del cafeto que las variedades de *C. arabica*.

En México el 91% de la superficie se encuentra en producción de cafetos y en lo que se refiere a las especies, Mexico es un productor de la especie *Coffea Arabica*. Las dos variedades Typica y Borbón fueron las primeras introducidas al iniciar el cultivo de café en Mexico y todos los demás países de Latinoamérica. Las variedades seleccionadas en Brasil e introducidas en Latinoamérica en los 50's son el Caturra y el Mundo Novo. (INFOASERCA, 2002).

Todas las variedades tradicionales de Arábica derivan de unas pocas plantas de dos poblaciones de cafetos que son Typica, originaria de Indonesia, y Borbón, originaria de la isla de la Reunión (antes llamada isla Borbón). Estas variedades fueron obtenidas por mutación natural como el Caturra, el Pacas o el Villa Sarchí (mutación de un gen en la variedad Borbón dando lugar a un porte bajo) o el Maragogipe (mutación de un gen en la variedad Típica dando lugar a granos grandes) y cruzamientos entre estas mismas variedades como por ejemplo el Mundo Novo (Typica x Borbón), el Catuai y Garnica (Mundo Novo x Caturra), el Pacamara (Pacas x Maragogipe). Este parentesco de todas estas variedades explica la estrecha base genética que existe entre todas ellas, las cuales son todas susceptibles a la mayoría de enfermedades y plagas, incluyendo la devastadora roya anaranjada del cafeto ocasionada por el hongo *Hemileia vastatrix*.



4.4. Principales variedades de Café cultivadas en Mexico

4.4.1. Porte Alto

Typica

En México, en el periodo 1973-1976, el 81% de los productores mexicanos la cultivaban. Alcanza de 4 a 6 m de altura a libre crecimiento; su ramificación es escasa y los entrenudos son largos. El ángulo de inserción de las ramas primarias al tallo varía entre 50 a 70°. Sus hojas maduran son lisas y brillosas, de color verde oscuro; los brotes terminales son de color bronceado. Sus tallos flexibles favorecen su inclinación para cosechar, sin riesgos de romperse. Físicamente sus granos presentan manos triángulos, y es utilizada como parámetro para determinar la calidad a la taza de otras variedades. Es susceptible a roya y sensible a insolación y vientos. Se adapta al manejo de café orgánico por su rusticidad y cultivo bajo sombra. Se le conoce también como: Criollo, Arábigo o Nacional. Producción y alternancia bajas, frutos de madurez temprana de color rojo, persistentes en la rama. Su grano es grande, produce 2.8 kg de café cereza por planta (16Q/ha/año). Las selecciones T-947 y T-949 alcanzan de 4.6 a 4.8 kg de café cereza por planta (30 a 32 Qq/ha). Calidad alta, con bouquet agradable. Acidez acentuada y aroma excelente. (SAGARPA e INIFAP, 2013. El Sistema producto café en Mexico: problemática y tecnología de producción).

Mundo Novo

Es una cruce o híbrido natural entre Bourbon y Sumatra, siendo esta última una selección dentro de progenies de Typica. La variedad Mundo Novo se encuentra en la mayor parte de las regiones cafetaleras, ya que presenta rusticidad alta y vigor prominente, aunque su manejo es más difícil debido precisamente a su porte alto. Adaptada particularmente a zonas bajas, con tolerancia a las sequías, pero susceptible a la roya. Se asemeja a Bourbon, sin embargo, algunas selecciones presentan brotes bronceados. Tienen tendencia a emitir hijuelos en la base del tallo. El eje principal es robusto y la inserción de las ramas a este, es con ángulo de 45°. La ramificación es vigorosa con entrenudos largos y desarrollo lateral intenso. Tienden a presentar porcentaje alto de frutos vanos; sin embargo, algunas selecciones en México como Mundo Novo 23, 25, 26, 28, 254 y 443 presentan valores bajos (2.5 a 4.5%), es de maduración semitardía. Sus frutos son de color rojo y el tamaño del grano es mayor al del Bourbon, produce de 5.4 hasta 6.6 kg de café cereza por planta, lo cual



equivale al logro de 15 a 44 Qq/ha (INIFAP, 2013. (SAGRAPA e INIFAP, 2013. El Sistema producto café en Mexico: problemática y tecnología de producción).

Bourbón

Es considerado como una mutación del subtipo Typica. De Bourbon se han derivado otras variedades como Caturra. En los años 70, el 38% de los productores la cultivaban. Se adapta mejor a altitudes de 1000 m o más; es sensible al viento, tolera la insolación y es susceptible a la roya. El tallo es robusto, con entrenudos más cortos y menos flexible que Typica, y las ramas primarias forman ángulos más cerrados, de menos de 50°. Es de porte alto y forma cilíndrica, aunque menos alto Typica. Sus ramas secundarias son abundantes y de alto vigor. La diferencia con Typica es el color verde de sus hojas nuevas y la presencia de mayor número de axilas florales, maduración media, sus frutos maduros son rojos, también existe la variedad Bourbon amarillo, de semilla pequeña. De 5 a 5.1 kg de café cereza por cafeto, su rendimiento de 32 a 45 Qq/ha. (SAGARPA e INIFAP, 2013. El Sistema producto café en Mexico: problemática y tecnología de producción).

Maragogipe

Variedad de buena calidad en América Central, originaria de Brasil, café gigante, se caracteriza por producir un grano de mayor tamaño, pero es muy susceptible a la Roya del cafeto, nemátodos y antracnosis de la cereza, su altitud óptima es de >1300msnm, su color del brote de las hojas es bronce y los requerimientos nutricionales son bajos. (World Coffee Research's, 2016).

Geisha (PANAMA)

Es una variedad originaria de Etiopía, identificada dentro del subtipo Typica, y una de las variedades de porte alto más exclusivas, ya que su grano se cataloga como uno de los más exóticos, y es altamente cotizado por su calidad. Se le han encontrado sabores con toques de mandarina, esencia de nueces, mora, mango maduro y canela. Su aroma a jazmín y toda clase de flores, hacen de esta variedad una referente para calidad a la taza en aspectos de citación de café (INIFAP, 2013. El Sistema producto café en Mexico: problemática y tecnología de producción). Tiene una calidad excepcional a gran altura. El término "geisha" se suele aplicar a otras variedades que no comparten la misma genética de la Geisha de Panamá. Su altitud óptima es de >1200msnm, es tolerante a la



roya del cafeto, susceptible a los nematodos y a la antracnosis del cafeto, su tamaño del fruto es promedio. (World Coffee Research's, 2016).

4.4.2. Porte Bajo

Se menciona indistintamente en este apartado como portes bajos, los materiales genéticos que la literatura reporta como porte intermedio, bajo o enano. Las variedades que se describen son importantes en Mexico, o bien presentan caracteres notables que resaltar, aunque son susceptibles a la roya del cafeto causado por el hongo *H. vastatrix* (SAGARPA e INIFAP, 2016. EL sistema producto café en Mexico: problemática y tecnología de producción).

Caturra

Su nombre significa pequeño en guaraní (lengua nativa de varias regiones de Suramérica). El Caturra deriva de una mutación de Bourbon que se dio en Brasil. Esta variedad es más precoz y productiva que cualquier tipo de Bourbon y Typica, lo cual conlleva a un mayor manejo agronómico, sobre todo fertilización y podas. De porte bajo, con ramas secundarias abundantes, entrenudos cortos y estructura compacta. Las hojas son anchas y de textura un poco áspera, con bordes ondulados; los verdes son de color verde tierno. Sus ramas secundarias son abundantes y la bandola forma un ángulo de inserción máximo de 66° , Su porte facilita la cosecha y permite densidades altas de plantaciones. Debido a un mayor número de inflorescencias, presenta rendimientos altos. Similar a Bourbon tanto en frutos como en semillas, su sistema radical es abundante en densidad y extenso alcance, el rendimiento es de hasta 7.5 kg de café cereza por planta (20 a 45 Qq/ha), calidad de taza regular (SAGARPA e INIFAP, 2013. El Sistema producto café en Mexico: problemática y tecnología de producción).

Catuaí

Catuaí significa muy bueno en guaraní. Se originó de la cruce Mundo Novo x Caturra, y fue liberado en Brasil en 1964. Es de porte bajo, muy parecido a Caturra. Produce bandolas abundantemente, con ramas secundarias, por lo que su crecimiento lateral es muy notable. Presenta mayores rendimientos de Caturra y se adapta bien a zonas por debajo de los 1000 m de altitud. Su rendimiento alto y rusticidad baja, demandan mayor manejo agronómico. Es susceptible a la roya, el ángulo de las



ramas con el tallo es menor de 45° y los brotes terminales son de color verde claro. Sus frutos caen fácilmente, es precoz con maduración tardía. El color de los frutos maduros es rojo o amarillo, su calidad de la taza es buena y su rendimiento en México es de 6.7 kg de café cereza por planta (22 a 44 Q/ha). (SAGARPA e INIFAP, 2013. El Sistema producto café en Mexico: problemática y tecnología de producción).

Garnica

Está formada por generaciones avanzadas de la cruce entre Mundo Novo y Caturra. Es el primer híbrido originado en Mexico, por el ya desaparecido INMECAFE, en el campo experimental Garnica, en Xalapa, Ver. La distribución de material de plantación inicio en 1978, en la generación filial F3; actualmente se dispone de material más estable. Se constituye de 18 selecciones, es de producción alta y vigor excepcional. La planta tiene forma piramidal alargada, intermedia entre Mundo Novo y Caturra, su tallo presenta entre nudos de tamaño medio; las ramas son largas, con ramificación abundante. Las hojas son de color verde oscuro, con nervaduras notorias y margen muy ondulado. Los brotes son de color verde claro. Sus frutos son de color rojo y segregantes de color amarillo, persisten en la rama poco tiempo y son de maduración tardía. Propensa a segregar, con tendencia a porte alto. Es susceptible a la roya. Su producción es de 6.5 kg de café cereza por planta (44Qq/ha). La calidad a la taza se considera buena. (SAGARPA e INIFAP, 2013. El Sistema producto café en Mexico: problemática y tecnología de producción).

Colombia

Tiene una productividad alta, su proporción de grano vano y caracol similar o inferior a las aceptación común en otras variedades de *C. arabica*. El tamaño de grano es superior a las demás variedades comerciales, su calidad de la bebida es similar a los estándares de aceptación de las variedades Caturra, Typica y Bourbon, sus plantas son de porte bajo, tiene un adaptabilidad amplia y uniformidad fenotípica razonable. La adopción de la variedad Colombia por los cafeticultores es determinante para reducir los costos de producción y para la competitividad del café de Colombia. Se estima que la economía lograda por no usar control químico contra la enfermedad, cuando se siembra la variedad Colombia, equivale a una tasa interna de retorno de 21 a 32%, con respecto a la



inversión realizada en la obtención de este genotipo (SAGARPA e INIFAP, 2013. El Sistema producto café en Mexico: problemática y tecnología de producción).

Garena

Es una mutación de la variedad Garnica, encontrada en Xicotepec de Juárez, Puebla. Es similar a Garnica, pero con un porte mucho más pequeño. Las plantas no superan 1.2 m de altura. Tiene un diámetro máximo de 1.3 m en la base de la copa, lo que permite densidades de alrededor de 4,444 cafetos/ha en marco real (1.5 m x 1.5m) y 5,160 cafetos/ha en tresbolillo. Su tamaño la hace apta para establecer en superficies pequeñas, sobre todo en huertos familiares, ya que permite su asociación con árboles frutales. Su maduración media a tardía de sus frutos, los cuales son de color rojo y persistente en la rama, granos similares a los de Garnica y con calidad a la taza buena. Su rendimiento es de 2 a 2.5 kg de café cereza por planta. (SAGARPA e INIFAP, 2013. El Sistema producto café en Mexico: problemática y tecnología de producción).

Pacamara

Se originó de un cruce controlado, hecho en El Salvador, entre Pacas y Maragogipe, a fin de obtener plantas de porte intermedio y grano grande. El Pacamara no es una variedad estable, y todavía se encuentran plantas segregantes, distintas al tipo original de planta seleccionada, sobre todo en el tamaño de la planta, color de los brotes jóvenes, rendimiento y tamaño del grano. Se prefiere en la conformación de mezclas por su calidad de bebida alta. Su maduración intermedia, frutos de color rojo, con persistencia en la rama, calidad de taza es buena y su producción baja, de alrededor de 2.3 kg de café cereza por planta. (SAGARPA e INIFAP, 2013. El Sistema producto café en Mexico: problemática y tecnología de producción).

4.5. Variedades Introgresadas resistentes a la Roya

El Híbrido de Timor tuvo su origen en un cruzamiento espontáneo entre la variedad Típica de *C. arabica* y Robusta de *C. canephora*, en la isla de Timor Oriental (Océano Índico). Este híbrido inter-específico fue identificado en 1917 por presentar resistencia a la roya en medio de una plantación de Arábicas devastada por esta enfermedad. A raíz de la introducción de la roya anaranjada del café en Latinoamérica (1970 en Brasil, 1976 en Centroamérica y 1981 en México), los países de la región implementaron diferentes programas de selección varietal utilizando el Híbrido de Timor como fuente de resistencia a la roya. Se implementaron tres esquemas de creación varietal a partir de cruzamientos entre tres Híbridos de Timor (resistentes a la roya) (Figura 4), con variedades de porte bajo susceptibles a la roya pero con buena productividad: Caturra, Villa Sarchí y Caturra Amarillo. Como se puede ver en la figura 2, con estos genitores, se crearon respectivamente: 1) los Catimores (incluyendo el cv. Oro Azteca seleccionado en México); 2) los Sarchimores (incluyendo el cv. Marsellesa estudiado en el presente trabajo); 3) las variedades multilíneales Colombia y Castillo. De esta manera se obtuvieron variedades de porte bajo, productivas y resistentes a la roya, al concluir una selección en 5 - 6 generaciones durante un periodo de 20 a 35 años (ANACAFE, 2017).

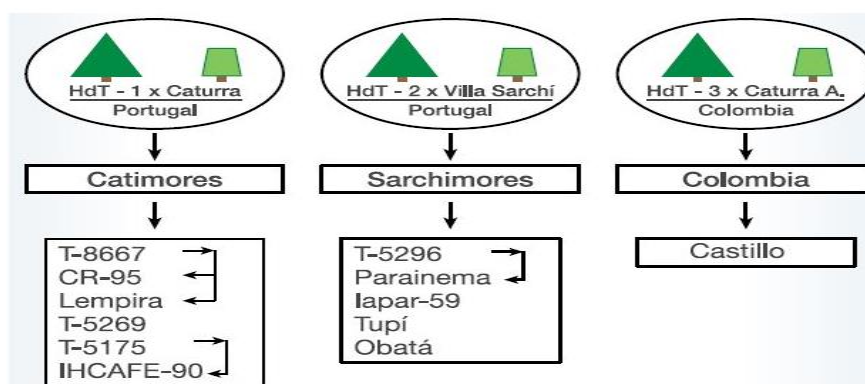


Figura 4. Variedades derivadas de los híbridos de Timor (ANACAFE, 2017)

Sin embargo, esas variedades introgresadas (Catimores y Sarchimores) presentan algunos limitantes como: la menor calidad organoléptica (calidad de taza) en relación con las variedades tradicionales; ausencia de resistencia a algunas enfermedades aun no introducidas a Latinoamérica pero que representan una gran amenaza para la cafecultura Arábica de la región como la enfermedad de la antracnosis de la cereza o CBD por sus iniciales en inglés (*Colletotrichum kahawae*); la poca



rusticidad y por ende la poca adaptabilidad de estas variedades a pequeños productores por requerir programas intensos de fertilización; la poca adaptabilidad a sistemas agroforestales ya que su productividad se ve muy afectada por la sombra. Estas son algunas de las variedades introgresadas resistentes a la roya que se están sembrando:

Costa Rica 95 (Catimor)

Varietal con potencial bajo mostrado en altura y de muy alto rendimiento, adaptado para las zonas cálidas y suelos ácidos. Su estatura es enana, la altitud óptima es de 600-1200msnm, es resistente a la roya, susceptible a nemátodos y antracnosis, su requerimiento nutricional es alto y su tamaño del fruto es promedio. (World Coffee Research's, 2016).

Oro Azteca (Catimor)

Es el resultado de la cruce entre caturra rojo con el híbrido del timor, otorgando resistencia al hongo *H. vastratix* (causante de la roya anaranjada), esta selección se hizo en México en varios ambientes de los estados de Puebla, Chiapas, Veracruz y Oaxaca (Díaz-Morales, 2011). Es una variedad con un potencial de calidad mostrado en altura muy bajo, adaptada para zonas cálidas y de suelos ácidos de alta producción. Su altura es enana, la altitud óptima es de 600-1200msnm, resistente a la roya, es susceptible a nematodos y antracnosis. Su requerimiento nutricional es alto, su densidad e siembra es de 5000/6000 plantas por Ha y el tamaño del fruto es promedio. (World Coffee Research's, 2016).

Marsellesa (Sarchimor)

Cruce entre Híbrido de Timor 832/2 y Villa Sarchi CIFC 971/10. Selección pedigree realizado por ECOM-CIRAD en Nicaragua, es una variedad que es descendiente de Sarchimores. Tiene resistencia completa a la roya en cuanto Villa Sarchi es de porte bajo y alto rendimiento lo cual ayudara al cafeticultor ya que la roya es una amenaza importante.

Esta es una variedad que es resistente a la roya, de porte bajo, tolerante a la antracnosis de la Cereza del Café (CBD), es una planta de alto rendimiento adaptada a altitudes medias, tiene una notable acidez en taza, su latitud optima es de 600-1200 msnm, es susceptible a los nematos, resistente a la



roya y tolerante a la Antracnosis de la Cereza (CBD), sus requerimientos nutricionales son altos, su tamaño de fruto es promedio y su color de brote de las hojas es verde, su rendimiento de cereza a grano pergamino es alto, su densidad de siembra es igual que a la de los Caturras (5000-6000 plantas/ha). (World Coffee Research's, 2016).

4.6. Híbrido F1

Se cruza materiales genéticamente muy diferentes con genes de interés complementarios. Por ejemplo en nuestro caso: las accesiones de Etiopía (planta padre) van a aportar genes de resistencia a nematodos, a la antracnosis de la cereza, genes involucrados en la calidad de taza, etc. (ya se ha fenotipado estas accesiones por estos caracteres); y los cultivares (planta madre) van a aportar genes de resistencia a la roya, genes involucrados en la productividad, etc. Además, la cruce de dos individuos genéticamente muy diferentes va a dar una progenie F1 presentara lo que se llama el vigor híbrido o heterosis que se puede manifestar de diferentes formas: mayor crecimiento, mayor actividad fisiológica como la actividad fotosintética o el metabolismo del almidón lo que se puede traducir a su vez en mayor productividad y mayor calidad de taza, etc... Aunque tradicionalmente se decía que la formas heterocigotas de tipo Aa daban fenotipos superiores a los de las formas homocigotas AA o aa, estudios recientes han demostrado que es mucho más complejo y que hay probablemente también involucrados, fenómenos de regulación de la expresión de los genes. Lo que se hace en un esquema de creación varietal de HF1, es seleccionar dentro de la progenie F1 muy segregante, las plantas F1 más interesantes como plantas madres candidatas a ser multiplicadas vegetativamente por CIV. Además de ampliar la base genética, la gran ventaja de este esquema de selección varietal es que permite crear una nueva variedad en un plazo de 6-7 años versus los 25-30 años que requiere la selección masal ya que requiere un mínimo de 3 años en cada generación para tener una primera cosecha formal y esto sobre un mínimo de 7 generaciones. El plazo de selección de híbridos F1 se podrá acortar aún más al desarrollar marcadores moleculares después de identificar los genes claves involucrados en el vigor híbrido. Son los trabajos que vamos a iniciar con Jean-Christophe, estudiando de manera comparativa las principales funciones metabólicas y la actividad fotosintética entre variedades híbridas y homocigotas al mismo tiempo que estudiar sus perfiles de expresión de genes. (L.V. Henry, aportación personal).



Evaluna EC18

Es un híbrido (Variedad local Etíope y Catimor/Sarchimores), es la cruce de la variedad Naryelis que es un Catimor con la variedad local de Etíope accesión “ET06” de la colección del CATEI. Esta variedad es de alta productividad y con muy buena calidad en zonas altas, su potencial de calidad mostrado en altura es muy bueno, tiene un alto rendimiento, el porte que tiene es bajo, es susceptible a los nematodos, tolerante a la antracnosis de la cereza y resistente a la roya del cafeto, su altitud requerida es mayor a los 1200 msnm, la primera cosecha es precoz y tiene un alto requerimiento nutricional, el tamaño del fruto es grande y de color bronce claro. Puede tener dificultades al establecer raíces en los dos primeros años debido al desequilibrio entre el crecimiento de las raíces radicales y las partes aéreas. Requiere una nutrición cuidadosa, evitando demasiado nitrógeno (N), para que las raíces establezcan correctamente. Se reproduce solamente por micropropagación. Las semillas tomadas de plantas híbridas no tendrán las mismas características que las plantas madre. Esto se conoce como la "segregación". Esto significa que la planta hijo no se ve o se comportan de la misma que la de los padres, con posibles pérdidas de rendimiento, resistencia a enfermedades, calidad, u otros rasgos de comportamiento agronómico. (World Coffee Research's, 2016).

4.7. Influencia del cambio climático sobre el cultivo de café

El cambio climático y en particular sus altibajos climáticos están afectando al cultivo de café. Por ejemplo, los cambios de régimen de lluvias está alterando el inicio de la floración la cual está inducida por cierto nivel de estrés hídrico el cual se da normalmente en los meses febrero-marzo a abril-mayo por un periodo de sequía y altas temperaturas. Variaciones de disponibilidad de agua durante el crecimiento y relleno del fruto, en particular con un incremento de la sequía intraestival durante la estación lluviosa puede ocasionar pérdidas de frutos o afectar la calidad del grano. (ITERCIENCIA, 2009, Impacto del Cambio Climático en la floración y desarrollo de fruto del café en Veracruz, Mexico).



El Aumento de la temperatura acelera el proceso de maduración del grano, provocando una pérdida de calidad organoléptica. El incremento de temperaturas puede también favorecer el desarrollo de plagas como los nematodos o la broca del fruto de café, y enfermedades como la roya anaranjada del cafeto en particular durante periodos de alternancias frecuentes de lluvias y sol.

El presente trabajo tiene doble propósito: *i*) observar en condiciones contrastantes, algunas mimando posibles estreses abióticos relacionados con el cambio climático (temperaturas altas, altas radiaciones solares, estrés hídrico) el comportamiento de dos nuevas variedades resistentes a la roya pero siguiendo todavía sin ser estudiadas en México, sea cultivadas de pie franco o injertadas sobre un patrón de *C. canephora*; *ii*) ver si una de las dos variedades es más adaptada a condiciones de sombra ya que gran la mayoría de los productores mexicanos cultivan café bajo sombra y que los sistemas agroforestales constituyen un sistema de producción más sostenible y más resistente al cambio climático además de proveer múltiples servicios ecosistémicos, incluyendo la mitigación de los efectos de invernadero.

El propósito final es de poder hacer mejores recomendaciones de renovación de cafetales a los productores en función de las condiciones ambientales presentes, en términos de variedades y de injerto.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Sitio Experimental INIFAP

Se localiza en el Municipio de Teocelo del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave y se encuentra en las coordenadas geográficas: Latitud Norte: 19 grados 23 min. Longitud Oeste 96 grados 58 min. (Lat. 19.395177; Long. -96.999818). Altitud: 1,280metros sobre el nivel del mar. Su suelo es luvisol y se caracteriza por tener acumulación de arcillas en el subsuelo

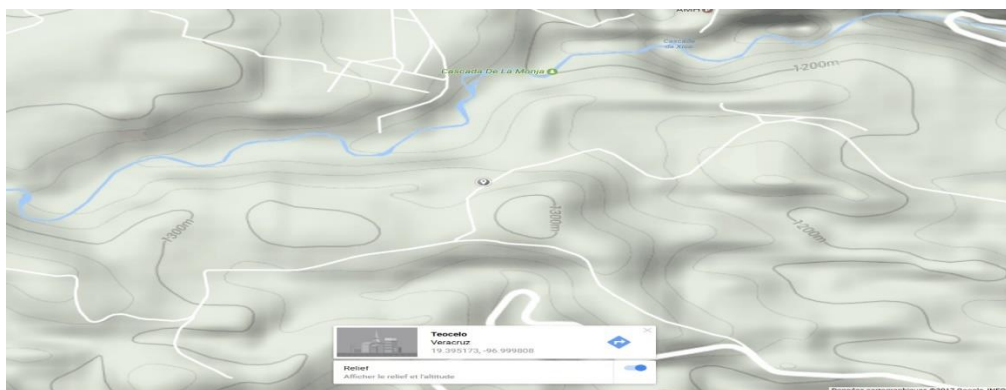


Figura 5. Localización geográfica del INIFAP, Teocelo. Ruta de llegada (color azul). Tomado y modificado de: www.google.com/maps.



Figura 6. Rectángulo de la parcela experimental en INIFAP, Teocelo. Tomado de Google Earth, 2015.

5.2. Finca Roma

La Finca Roma se encuentra ubicada en la comunidad de La Estanzuela en el Municipio de Emiliano Zapata del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave y se encuentra en las coordenadas geográficas: Longitud Este: -96.874646 Latitud Norte: 19.469430. La localidad se encuentra a 1100 metros sobre el nivel del mar. Su suelo es de tipo luvisol y rendzina, el primero presenta acumulación de arcilla en el subsuelo y es susceptible a la erosión; el segundo contiene una capa superficial rica en materia orgánica, es poco profundo y moderadamente susceptible a la erosión.

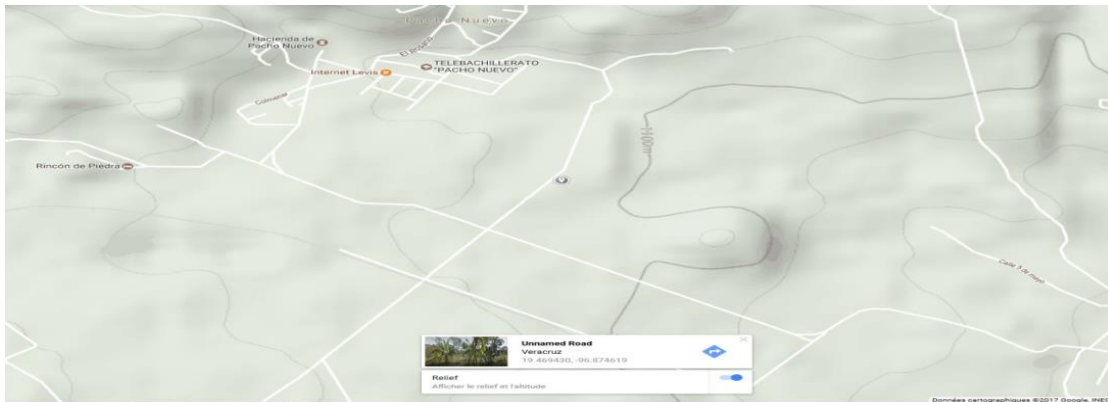


Figura 7. Localización geográfica de Finca Roma, Municipio de Emiliano Zapata. Ruta de llegada (color azul). *Tomado y modificado de:* www.google.com/maps.

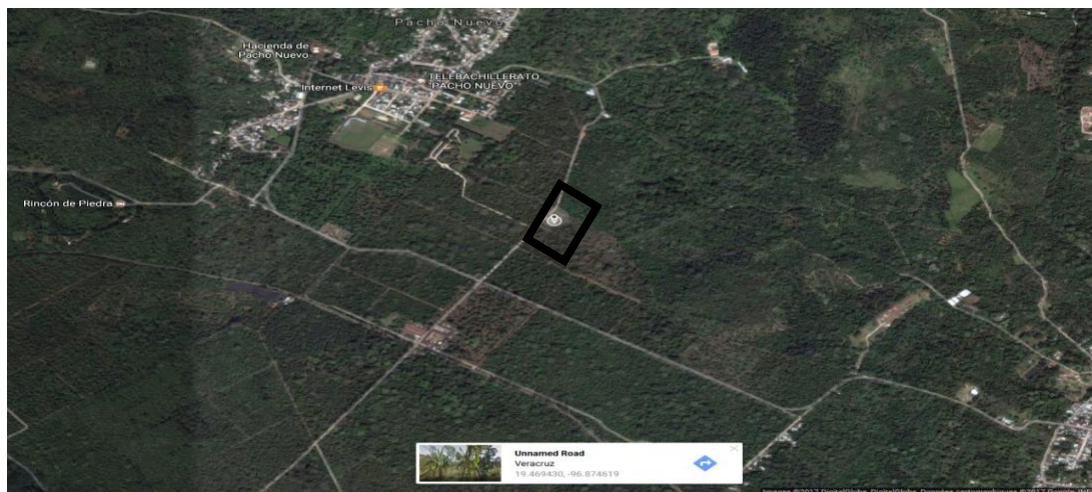


Figura 8. Rectángulo de la parcela en Finca ROMA. *Tomado de Google Earth, 2015.*

5.3. Datos Climáticos

En las dos parcelas se midió la pluviometría mensual (Figura9) y las temperaturas mínimas y máximas mensuales (Figura10). Para Teocelo, los datos se tomaron de la estación INIFAP del sitio experimental y en Fca. Roma, fue en la estación climática de la Conagua cercana de Alborada (19°26'53.7"N 96°52'11.4"W). Estos promedios fueron tomados sobre un mínimo de 5 años anteriores al 2012. La pluviometría anual para Fca. Roma es de 1350mm y en Inifap/Teocelo es de 2100mm. El cumulo de lluvias desde Octubre (finalización de la época de lluvias) hasta Junio (Inicio de observaciones) para Fca. Roma es de 708 mm y en el Inifap/Teocelo de 1130 mm (+60%).

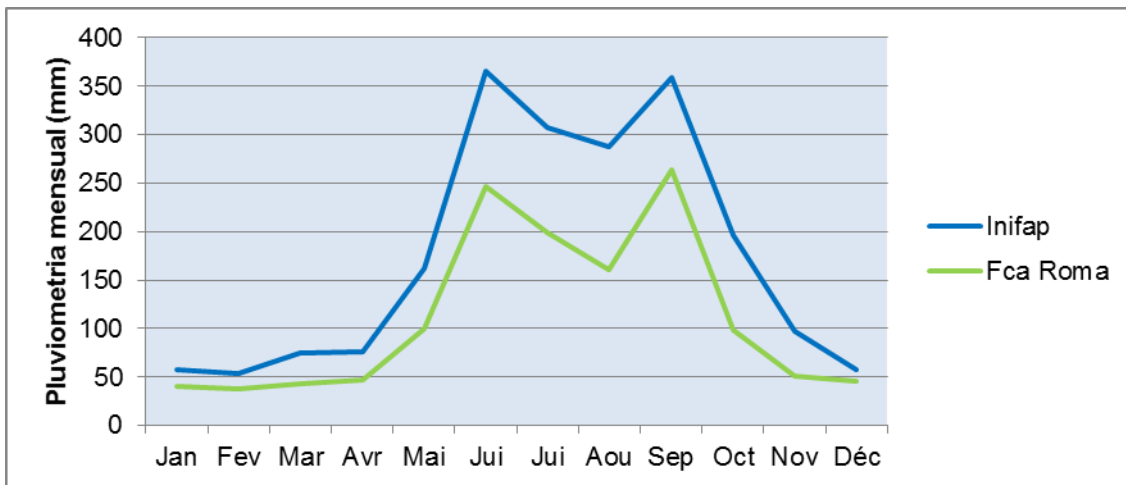


Figura 9. Pluviometría mensual (mm)

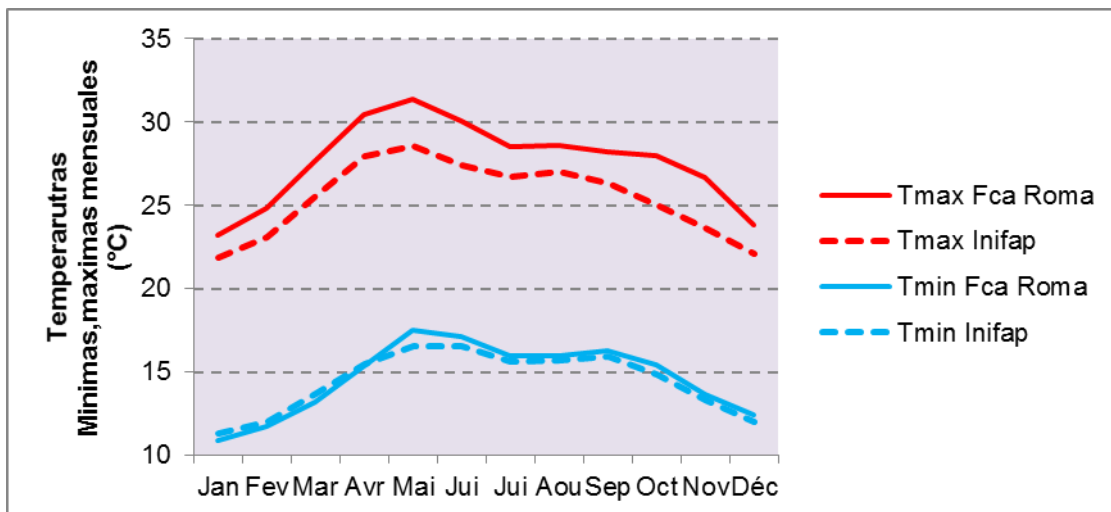


Figura 10. Temperaturas máximas y mínimas mensuales (°C)

5.4. *Plan Experimental*

En los dos sitios del estudio, las dos parcelas experimentales son idénticas con el mismo diseño experimental (Figura11).

Cada una de las dos parcelas está dividida en dos sub-parcelas “gemelas” de mismo diseño experimental, una a pleno sol y la otra bajo una malla con índice de sombra de 50%. Para este experimento, se usó una malla sombra con el propósito de tener una sombra totalmente homogénea y por lo tanto idéntica en cada uno de los cafetos de la parcela que se están monitoreando individualmente.

En el sitio de la Finca Roma, la malla sombra fue desafortunadamente robada durante el experimento. Por lo tanto solo se pudo realizar el monitoreo de las plantas a pleno sol.

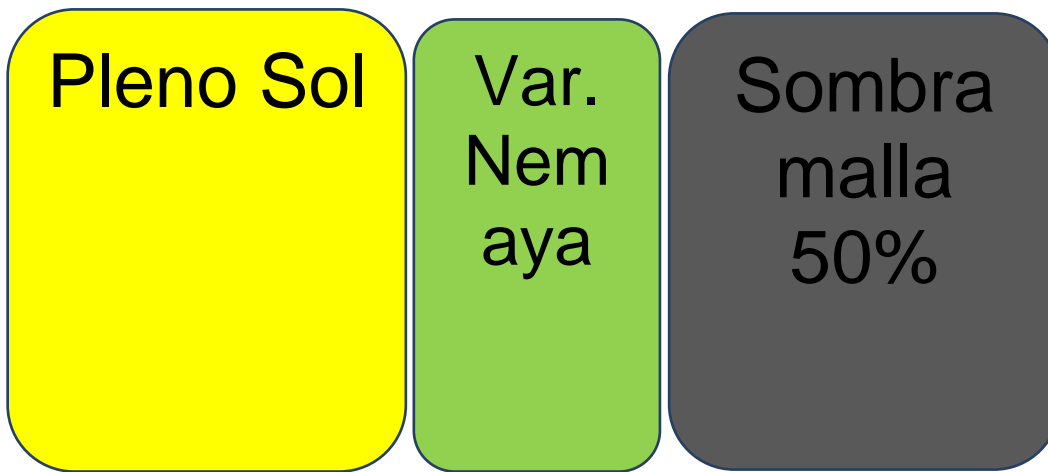


Figura 11. Diseño de las parcelas

En las parcelas son 315 cafetos, de las cuales se dividen en: Marsellesa, H18, Garnica, Starmaya y Nemaya. (Figura12.)La Nemaya no tiene ninguna cobertura y son las que dividen las plantas de sol con las de sombra.

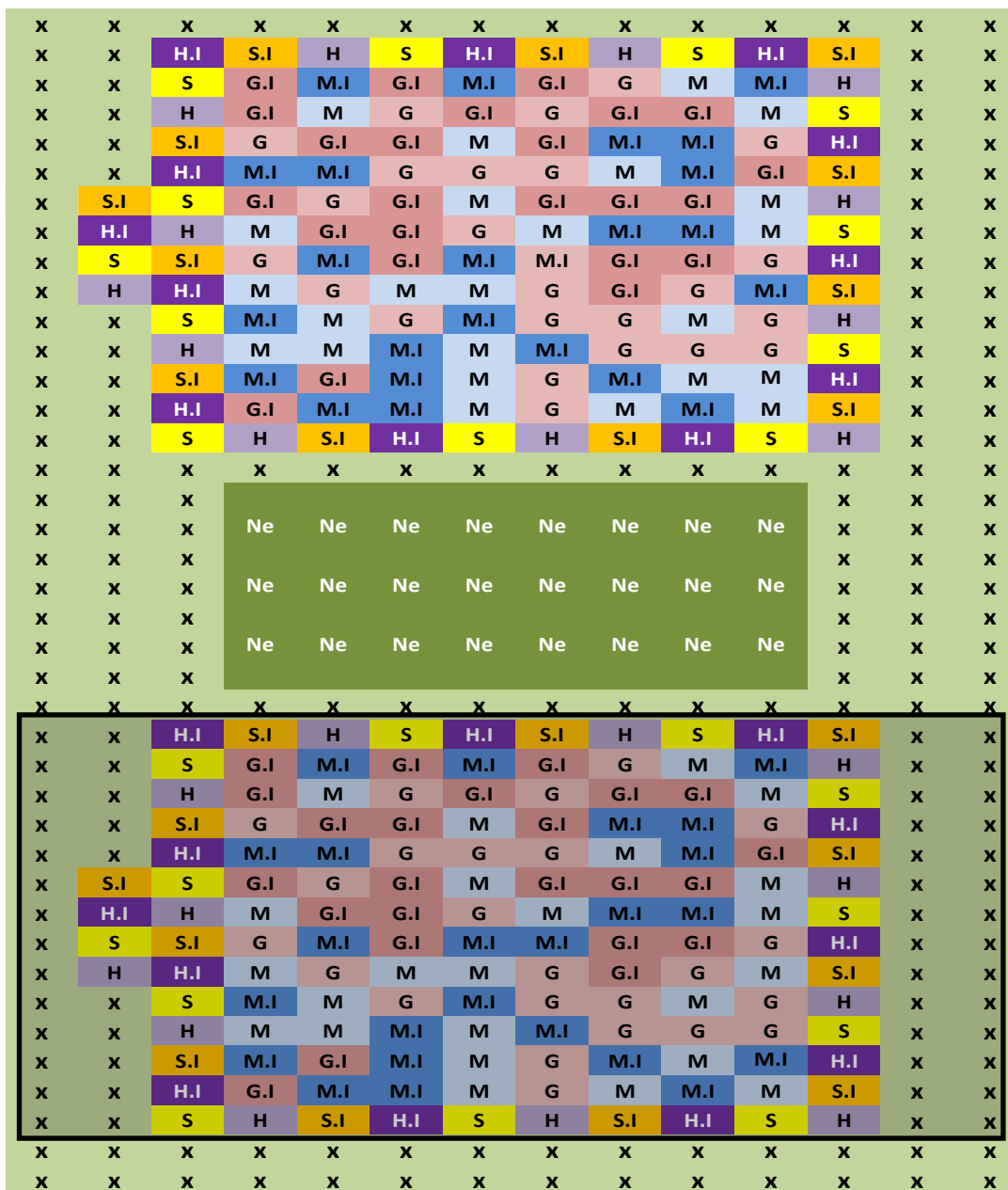


Figura 12. Diseño de siembra en las parcelas

G	Garnica Pied Franc	
GI	Garnica Greffé	
H	H18 Pied Franc	R partielle à la rouille
HI	H18 Greffé	Idem
M	Marsellesa Pied Franc	R à la rouille
MI	Marsellesa Greffé	Idem
S	Starmaya Pied Franc	R à la rouille
SI	Starmaya Greffé	Idem
Ne	Nemaya (<i>C. canephora</i>)	R aux nématodes
X	Bordure (Caturra)	



Las variedades que se utilizaron para el estudio fueron las Marsellesa, Garnica y H18 que se utilizaron (Figura 13) para la medición de diámetro, entrenudos, altura y para la medición de plagiotropos 6°,10° y 15°, tamaño de hojas, peso fresco específico, área foliar, conteo de botones florales, conteo de frutos, se utilizaron las variedades Marsellesa e Híbrido 18.

<i>Variedad</i>	<i>PF/INJ</i>	<i>Exposición</i>	<i>N° Plantas</i>	<i>Diametro/En trenudos</i>	<i>Plagiotropos 6,10 y 15</i>
Garnica	PF	PS	22	5	0
		BS	23	6	0
	INJ	PS	21	5	0
		BS	16	5	0
Marsellesa	PF	PS	13	5	3
		BS	16	5	3
	INJ	PS	19	5	3
		BS	16	5	3
H18	PF	PS	10	5	3
		BS	10	5	3
	INJ	PS	12	5	3
		BS	10	5	3
Starmaya	PF	PS	10	0	0
		BS	9	0	0
	INJ	PS	9	0	0
		BS	4	0	0

<i>Variedad</i>	<i>PF/IN J</i>	<i>Exposición</i>	<i>N° Plantas</i>	<i>Diametro/E ntrenudos</i>	<i>Plagiotropos 6,10 y 15</i>
Garnica	PF	PS	22	7	0
		BS	23	0	0
	INJ	PS	21	7	0
		BS	16	0	0
Marsellesa	PF	PS	13	7	3
		BS	16	0	0
	INJ	PS	19	7	3
		BS	16	0	0
H18	PF	PS	10	7	3
		BS	10	0	0
	INJ	PS	12	6	3
		BS	10	0	0
Starmaya	PF	PS	10	0	0
		BS	9	0	0
	INJ	PS	9	0	0
		BS	4	0	0

Figura 13. Numero de cafetos por variedad, modo de siembra y cafetos que se utilizaron para el estudio



5.5. Estudio de Crecimiento

Se realizó una medición de las variables diámetro del tronco, altura de la planta, número de entrenudos del ortótropo, largo de entrenudos del ortótropo, en tres variedades Garnica, Marsellesa y H18 para poder ver cuáles eran los que tenían buen crecimiento, buena apariencia. La altura de las plantas se registró utilizando un flexómetro, desde la parte más baja del tronco del cafeto hasta la yema del ápice. Para medir el diámetro se utilizó un vernier que se colocó en la parte más baja tronco y para contar el número de entrenudos del ortótropo de manera manual entrenudo por entrenudo y así ir checando donde faltaba algún plagiotropo.

Se escogieron los mejores cafetos conforme a las mediciones de altura y diámetro para poder hacer las mediciones de los plagiotropos 6° , 10° y 15° midiendo el largo del plagiotropo desde la punta del plagiotropo hasta donde terminaba el plagiotropo en el tronco con un flexómetro. El ancho y largo de las hojas de los primeros cuatro o tres nudos se midieron con un flexómetro en el haz de la hoja desde el ápice de la hoja hasta la vaina. En todos los plagiotropos se hizo un conteo de manera visual de los botones florales, flores, frutos en cada nudo de estos plagiotropos, se escogió el plagiotropo 10° para sacar los resultados y hacer la sumatoria de todos sus botones florales, flores y frutos para obtener el potencial de fructificación.

5.6. Fenotipaje de Hojas

Se hizo una selección de cafetos viendo cuales fueron los más nutridos y mejor desarrollados con las mediciones antes mencionadas y se hizo una recolección de hojas de estos cafetos, se recolectaron 8 hojas de cada cafeto de las cuales fueron 2 de cada punto cardinal del lado de sombra y 8 hojas de cada cafeto que igual fueron 2 de cada punto cardinal a pleno sol en el campo experimental del INIFAP y en la Finca Roma igual se hizo la recolecta de 8 hojas por cafeto tomando 2 hojas de cada punto cardinal.

Después que se realizó la recolección se llevaron a laboratorio para hacer sus mediciones de cada hoja se midió con un regla su ancho y largo (Figura 14), también se realizó su peso fresco, con una pequeña balanza analítica. Se midió su superficie de estas hojas utilizando la fórmula:

$$\text{Superficie} = L * A * 0.748$$

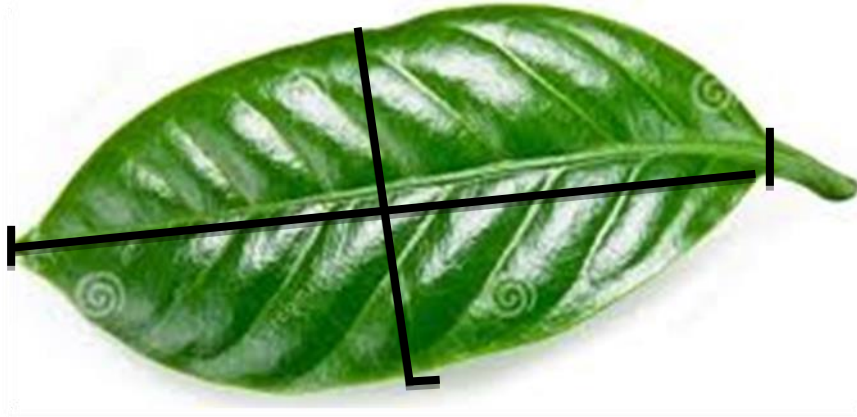


Figura 14. Modo de Medición de hojas (largo y ancho)

Después de las mediciones se metieron en unos sobres para cartas de color blanco y se metieron a la cámara durante un día para que se secan y así poder medir el peso seco con una pequeña balanza analítica para después sacar el peso específico donde se utilizó la fórmula:

$$\text{Peso Específico} = \text{PS} / \text{Superficie}$$



VI. RESULTADOS

6.1. Diámetro de los troncos

El diámetro (mm) de tronco de los cafetos difirió en función de la parcela, la siembra (injertado o no), así como en la interacción entre parcela y variedad (Cuadro 1). No se encontró diferencia entre los diámetros de las variedades, ni tampoco entre el resto de las interacciones analizadas.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Media cuadrática	F	P (Significancia)
Parcela	1010.1	2	505.0	5289.803	0.000001
Variedad	161.0	2	80.5	17.205	0.070232
Injertado o no	168.6	1	168.6	2.742	0.018767
Par * Var	528.6	4	132.2	5.744	0.002410
Par * Inj	33.8	2	16.9	4.502	0.564293
Var * Inj	36.7	2	18.4	0.576	0.537547
Par * Var * Inj	96.2	4	24.1	0.625	0.516348
Intra-grupos	2465.8	84	29.4	-	-
Total	4453.3	101	-	-	-

Cuadro 1. Resultados del análisis de varianza para el diámetro (mm) de los troncos de los cafetos
Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra

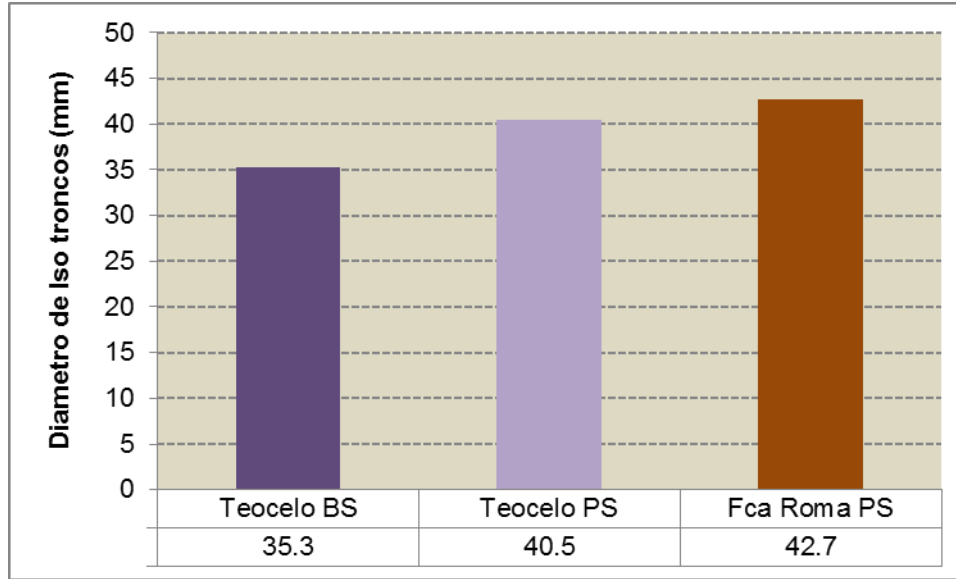


Figura 15. Diámetro (mm) de tronco de los cafetos en cada parcela experimental.

Los cafetos en la parcela “Teocelo” bajo sombra tienen un diámetro de tronco significativamente inferior ($p < 0.05$) comparado con los cafetos de las dos parcelas a pleno sol en “Finca Roma” y “Teocelo” (Figura 3).

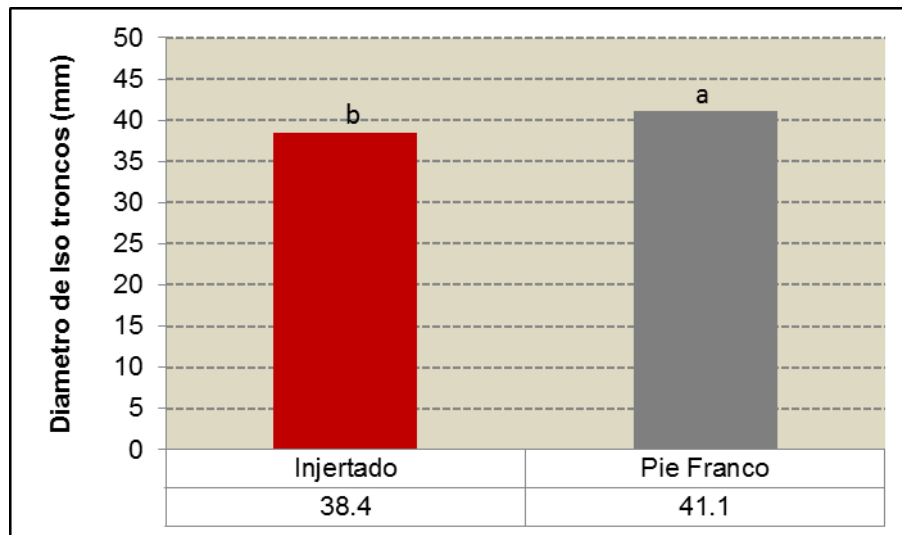


Figura 16. Resultados del diámetro (mm) de tronco de los cafetos injertados y de pie franco.

En promedio, los cafetos de pie franco tienen un diámetro de tronco significativamente superior ($p < 0.05$) a las de pie franco (Figura 4) pero con una diferencia menos de 2.7 mm ósea de 6.6% menos para los cafetos de pie franco en relación con lo cafetos injertados.

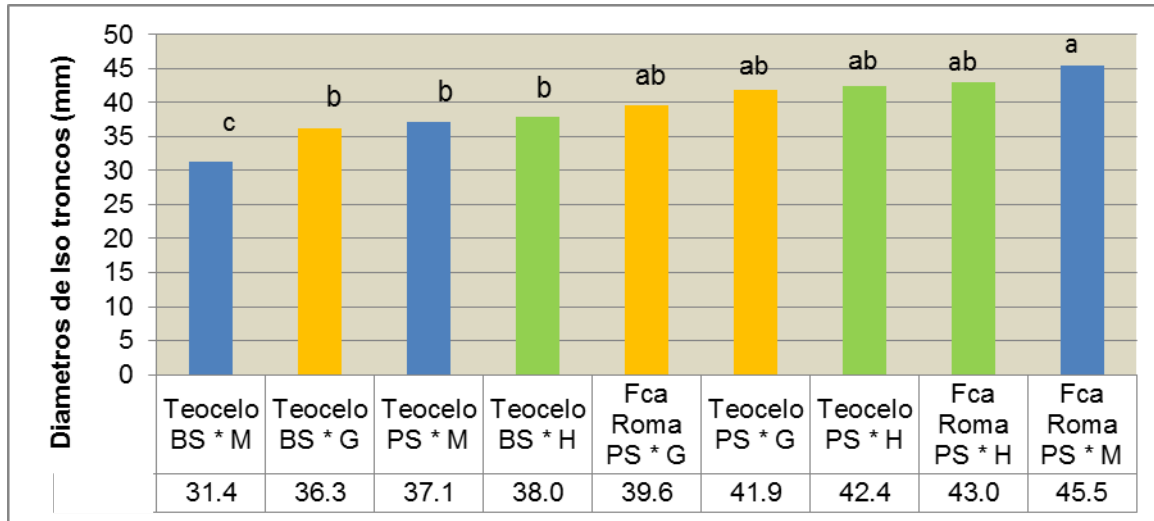


Figura 17. Resultados de diámetro (mm) de tronco de los cafetos para cada variedad en cada parcela experimental.

Los cafetos de la variedad Marsellesa de la parcela Teocelo bajo sombra tienen un diámetro de tronco significativamente inferior ($p < 0.05$) a todos los demás cafetos.



6.2. *Altura de los cafetos*

La altura de los cafetos (m) fue estadísticamente significativa éntrelos factores parcela y variedad (Cuadro 2).

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Media Cuadrática	F	P (significativa)
Parcela	0.5007	2	0.2503	9.335	0.000218
Variedad	1.1476	2	0.5738	21.396	0.000000
Injertación (PF/Inj)	0.0977	1	0.0977	3.645	0.059655
Parcela*Var	0.1062	4	0.0265	0.990	0.417774
Parcela*PF/I	0.0337	2	0.0168	0.628	0.536384
Var*PF/I	0.0216	2	0.0108	0.403	0.669820
Parcela*Var*PF/I	0.1066	4	0.0266	0.994	0.415739
Intra-grupos	2.2527	84	0.0268		
Total	4.2277	101			

Cuadro 2. Resultados de análisis de varianza de la altura de los cafetos (m)

Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra

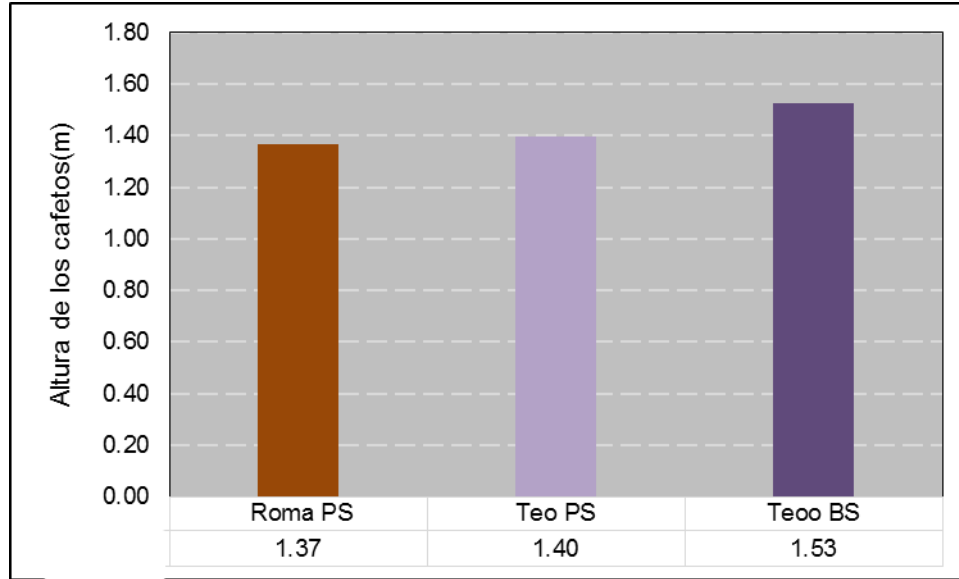


Figura 18. Resultados de la altura (m) de los cafetos en cada parcela experimental

En promedio, los cafetos en la parcela “Roma” y “Teocelo” a pleno sol tienen una altura significativamente inferior comparado con los cafetos de la parcela a bajo sombra en “Teocelo” (Figura 6).

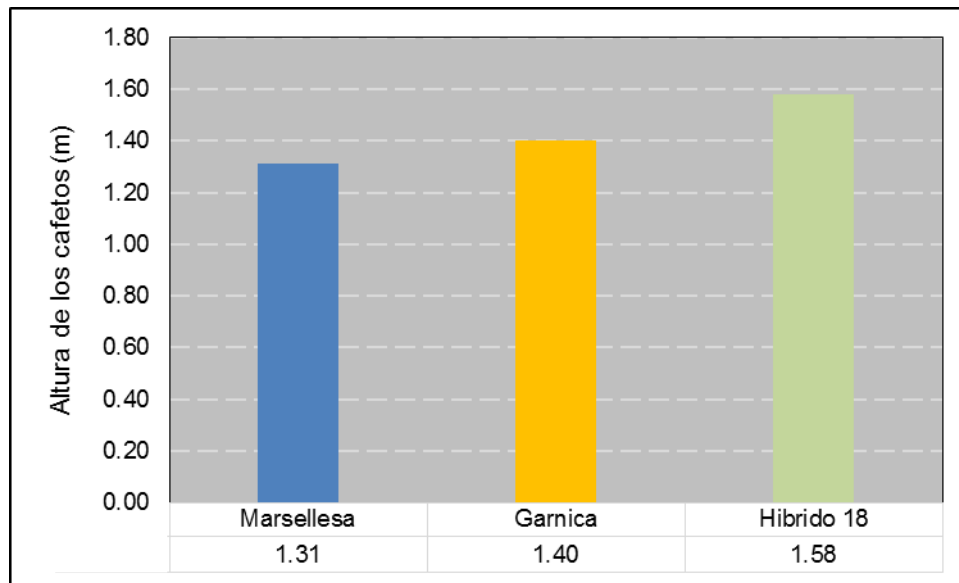


Figura 19. Resultados de altura (m) de los cafetos para cada variedad.

Los cafetos de la variedad Marsellesa y de la variedad Garnica tuvieron una altura significativamente inferior a los cafetos Híbridos (Figura 7).

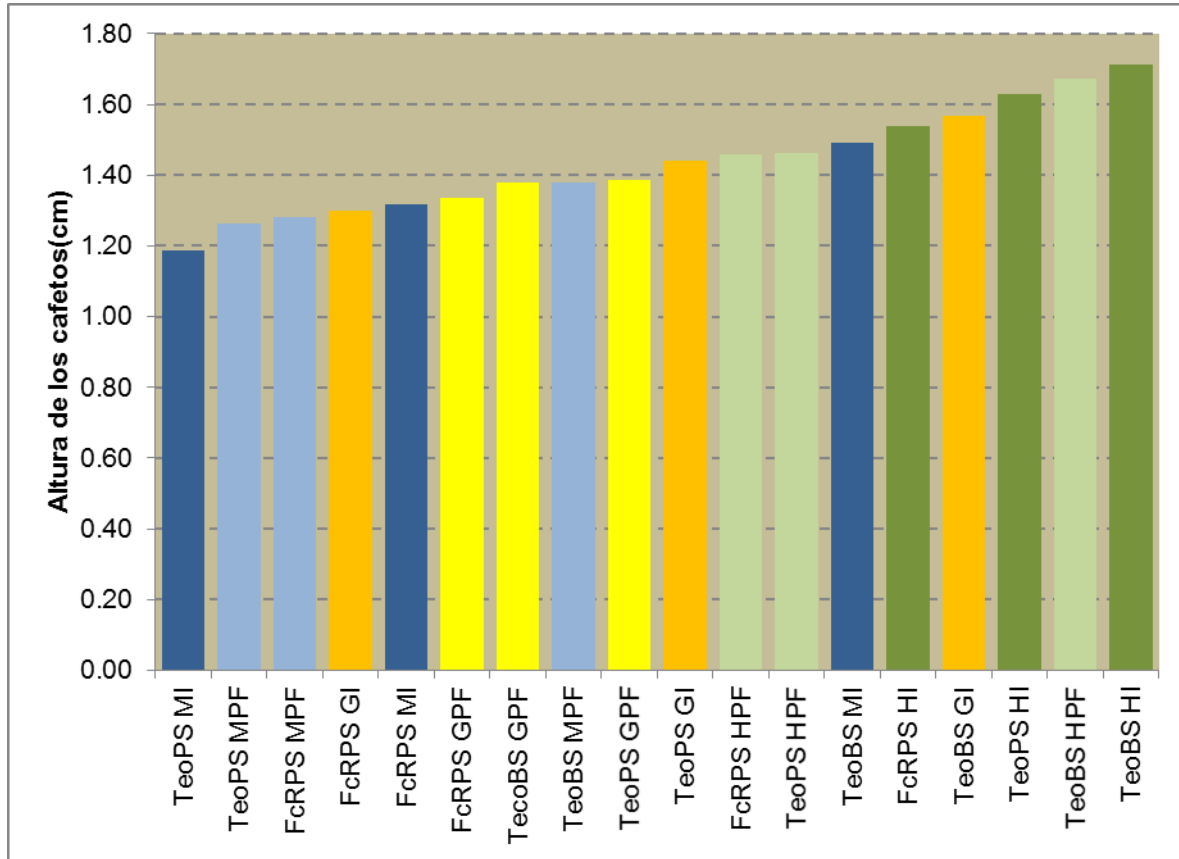


Figura 20. Resultados de la altura (m) de los cafetos para cada Variedad en cada Parcela.

Los cafetos de las variedades H18 de la parcela Teocelo bajo sombra tienen una altura inferior ($p < 0.05$) a los cafetos de la variedad Marsellesa y Garnica de la parcela Fca. Roma y Teocelo a pleno sol.



6.3. Numero de entrenudos del ortótropo

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Media Cuadrática	F	P
Parcela	138.30	2	69.15	7.730	0.000829
Var	228.43	2	114.21	12.768	0.000014
Injertación (PF/Inj)	21.60	1	21.60	2.415	0.123931
Parcela*Var	38.11	4	9.53	1.065	0.378973
Parcela*PF/I	44.89	2	22.45	2.509	0.087398
Var*PF/I	8.46	2	4.23	0.473	0.624754
Parcela*Var*PF/I	54.00	4	13.50	1.509	0.206858
Intra-grupos	751.40	84	8.95		
Total	1249.96	101			

Cuadro 3. Resultados de análisis de varianza de la variable Numero de entrenudos del ortótropo en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones. Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra

Se encontraron diferencias estadísticas en el número de entrenudos del ortótropo entre las diferentes parcelas y las diferentes variedades (Cuadro 3). Siendo la parcela de Teocelo al pleno sol donde hubo mayor cantidad (Figura 9) y la variedad Garnica tuvo más plagiotropos que Marsellesa y los Híbridos (Figura 10).

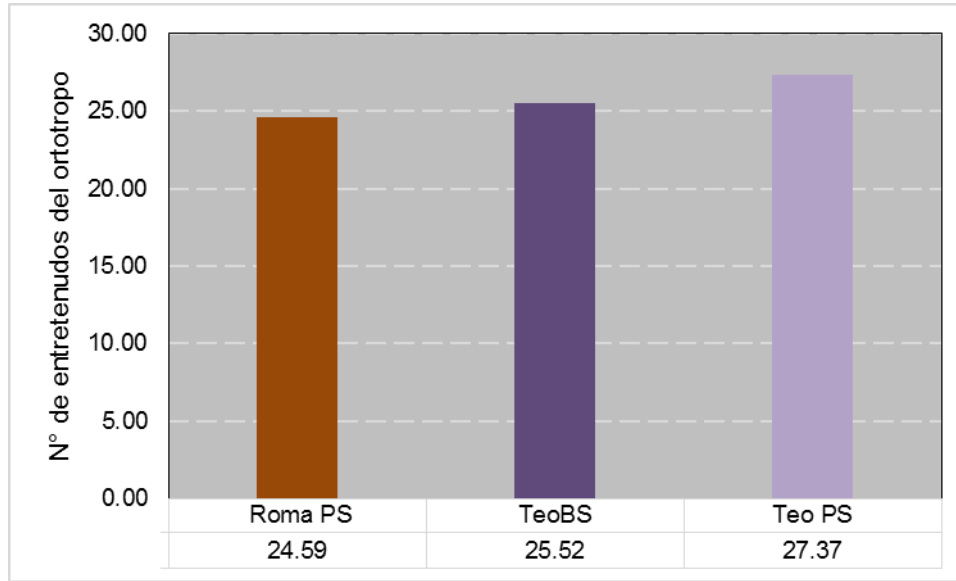


Figura 21 Resultados del Número de entrenudos de ortotrope de los cafetos en cada parcela experimental.

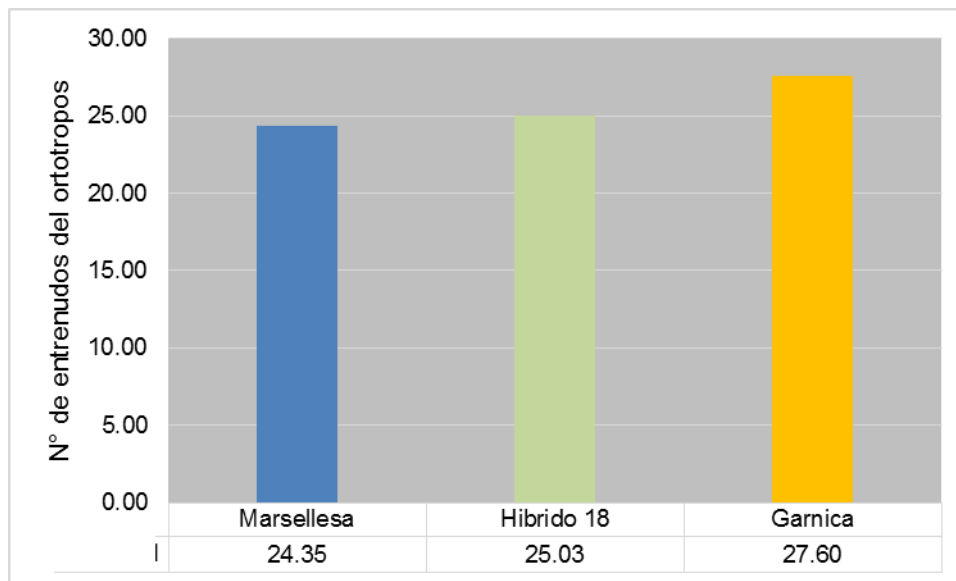


Figura 22. Resultados del número de entrenudos de ortótopos de los cafetos para cada variedad



6.4. Hojas de los cafetos

6.4.1. Tamaño de Hojas

Exceptuando a la interacción entre Parcela e Injertación, se encontró diferencias estadísticas en el tamaño de hojas para todos los factores estudiados: “parcela”, “variedad”, “Injertación”, “Parcela*Injertación”, “Parcela*Variedad”, “Variedad*Injertación” y “Parcela*Variedad*Injertación” (Cuadro 4).

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media Cuadrática	F	P
Parcela	219438	2	109719	364.32	0.000000
Variedad	24872	2	12436	41.29	0.000000
Injertación	8944	1	8944	29.70	0.000000
Parcela*Variedad	33164	4	8291	27.53	0.000000
Parcela*Injertación	3190	2	1595	5.30	0.005408
Variedad*Injertación	18985	2	9492	31.52	0.000000
Parcela*Variedad*Injertación	9319	4	2330	7.74	0.000005
Error	108720	361	301		
Total	425559	378			

Cuadro 4. Resultados de análisis de varianza de tamaño de hojas de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones. Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra

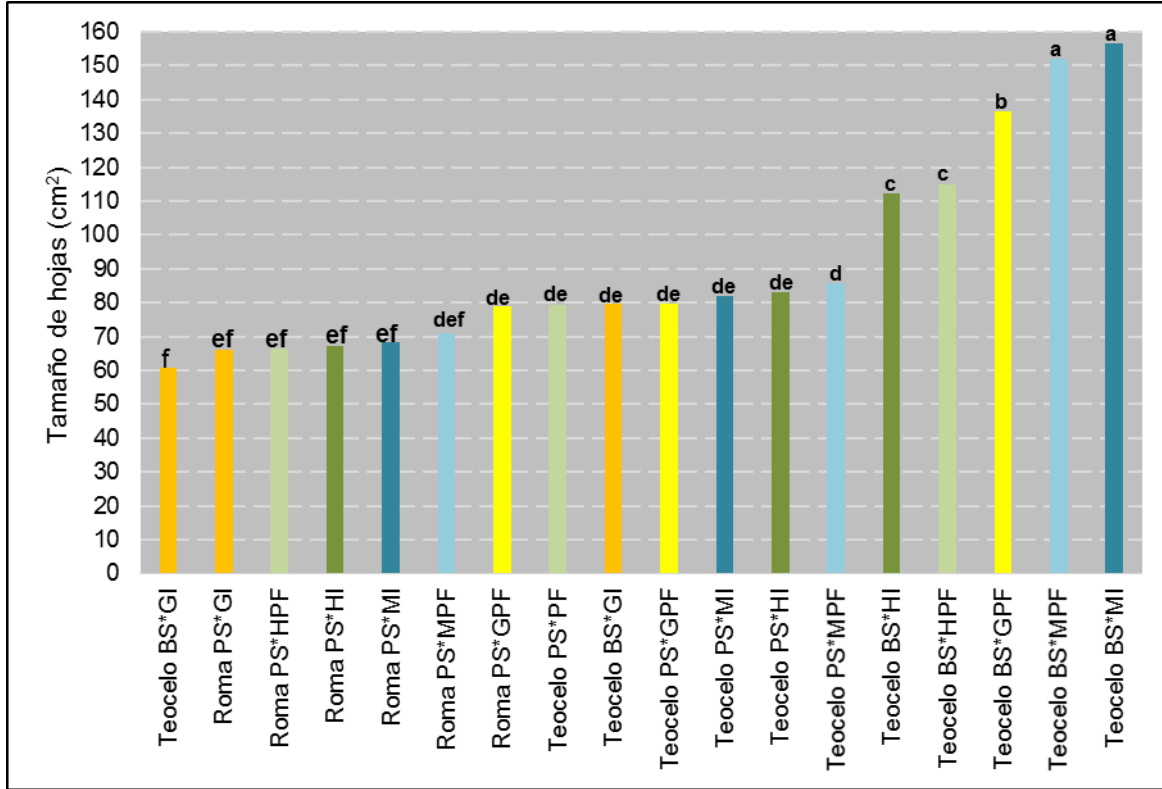


Figura 23. Promedios del tamaño de las hojas (cm²) de los cafetos para cada variedad en cada parcela experimental.

Las hojas de los cafetos con mayor superficie fueron las de la variedad Marsellesa, tanto injertadas como a pie franco, en la parcela de Teocelo bajo sombra; mientras que las hojas con menor superficie fueron las de la variedad Garnica, injertada, en esta misma parcela (Figura 11). Para esta variable las interacciones parcela, variedad e injertación fueron muy marcadas, por ejemplo: la de más superficie fue injertada y la de menos también; la de más superficie fue en Teocelo bajo sombra y la de menor tamaño son las tres variedades en la finca Roma.



6.4.2. Peso Fresco

Se encontraron diferencias estadísticas en el peso fresco de las hojas para los factores “parcela”, “variedad”, “Injertación”, Parcela* Injertación” y “Parcela*Variedad” (Cuadro 5).

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Media Cuadrática	F	P
Parcela	116.718		58.359	142.082	0.000000
Variedad	9.380	2	4.690	11.418	0.000016
Injertación	9.518	2	9.518	23.172	0.000002
Parcela*Variedad	25.257	1	6.314	15.373	0.000000
Parcela*Injertación	5.941	4	2.971	7.233	0.000832
Variedad*Injertación	6.296	2	3.148	7.664	0.000550
Parcela*Variedad*Injertación	1.402	2	0.350	0.853	0.492225
Error	148.277	4	0.411		
Total	319.888	361			

Cuadro 5. Resultados de análisis de varianza de la variable Peso Fresco de las hojas de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, Injertación y de sus interacciones. Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra



6.4.3. Peso Fresco Específico

Se encontraron diferencias estadísticas en el peso fresco específico de las hojas para los factores “parcela”, “variedad”, “variedad*injertación” (Cuadro 6).

Fuentes de Varianza	Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Medición Cuadrática	F	P
Parcela	4.512	2	2.256	10.44	0.000039
Variedad	3.534	2	1.767	8.18	0.000335
Injertación	0.014	1	0.014	0.07	0.798355
Parcela*Variedad	0.454	4	0.113	0.53	0.717290
Parcela*injertación	1.180	2	0.590	2.73	0.066432
Variedad*injertación	2.238	2	1.119	5.18	0.006050
Parcela*Variedad*injertación	1.429	4	0.357	1.65	0.160196
Error	77.971	361	0.216		
Total	91.514	378			

Cuadro 6. Resultados de análisis de varianza de la variable Peso Fresco Específico de las hojas de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones. Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra

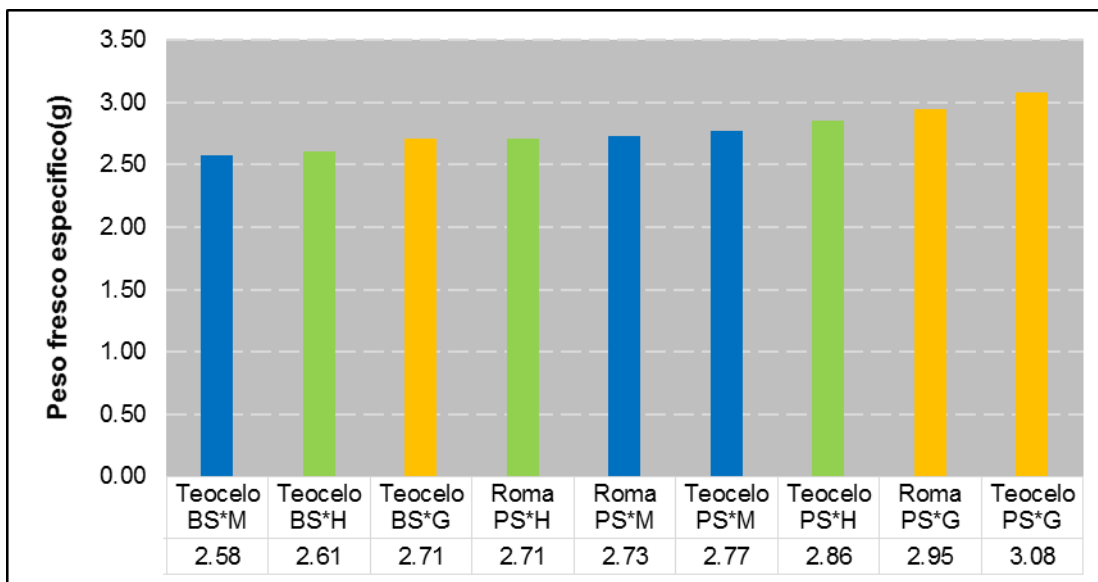


Figura 24. Resultados del peso específico (g) de las hojas de los cafetos para cada variedad en cada parcela experimental.



El peso fresco específico de las hojas de los cafetos de la variedad Marsellesa, Garnica y H18 de la parcela Teocelo bajo sombra tuvieron un peso menor a las que estan a pleno sol en las dos parcelas.

6.5. Largo de los Plagiotropos 6°, 10° y 15°

6.5.1. Plagiotropo 6°

Se encontraron diferencias estadísticas en el largo del plagiotropo 6° para los factores “parcela”, “variedad”, (Cuadro 7). Siendo el factor variedad el que más influye en el largo del plagiotropo 6° de los cafetos

Fuentes de Varianza	Largo 6° Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Largo 6° Medición Cuadrática	Largo 6° F	Largo 6° P
Parcela	1155.08	2	577.54	23.923	0.000002
Variedad	2745.76	1	2745.76	113.734	0.000000
PFvsINJ	46.69	1	46.69	1.934	0.177066
Parcela*Variedad	27.66	2	13.83	0.573	0.571414
Parcela*PFvsINJ	23.08	2	11.54	0.478	0.625830
Variedad*PFvsINJ	36.40	1	36.40	1.508	0.231383
Parcela*Variedad*PFvsINJ	84.12	2	42.06	1.742	0.196573
Error	579.41	24	24.14		
Total	4698.20	35			

Cuadro 7. Resultados de análisis de varianza de la variable largo del plagiotropo 6° de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y sus interacciones. Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra



6.5.2. Plagiotropo 10°

Al igual que en el largo del plagiotropo 6° también lo que más influye en el largo del plagiotropo 10° es la variedad. (Cuadro 8).

Fuentes de Varianza	Largo Suma de Cuadrados 10°	Grado de Libertad	Largo Medición Cuadrática 10°	Largo 10° F	Largo 10° P
Parcela	3235.4	2	1617.7	34.107	0.000000
Variedad	2209.0	1	2209.0	46.575	0.000000
PFvsINJ	111.0	1	111.0	2.339	0.139220
Parcela*Variedad	71.3	2	35.7	0.752	0.482311
Parcela*PFvsINJ	128.4	2	64.2	1.353	0.277448
Variedad*PFvsINJ	1.3	1	1.3	0.027	0.870665
Parcela*Variedad*PFvsINJ	135.9	2	67.9	1.432	0.258440
Error	1138.3	24	47.4		
Total	7030.4	35			

Cuadro 8. Resultados de análisis de varianza de la variable largo del plagiotropo 10° de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones. Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra

6.5.3. Plagiotropo 15°

El factor “Parcela*PFvsINJ*” influye en el largo del plagiotropo 15° pero aun así el factor que más influye es el factor “Variedad” (Cuadro 9), m

Fuente de Varianza	Largo Suma de Cuadrados 15°	Grado de Libertad	Largo Medición Cuadrática 15°	Largo 15° F	Largo 15° P
Parcela	446.6	2	223.3	2.437	0.108734
Variedad	5740.6	1	5740.6	62.654	0.000000
PFvsINJ	7.7	1	7.7	0.084	0.775035
Parcela*Variedad	619.5	2	309.8	3.381	0.050869
Parcela*PFvsINJ	1031.0	2	515.5	5.626	0.009914
Variedad*PFvsINJ	94.1	1	94.1	1.027	0.320990
Parcela*Variedad*PFvsINJ	22.7	2	11.4	0.124	0.883994
Error	2199.0	24	91.6		
Total	10161.1	35			

Cuadro 9. Resultados de análisis de varianza de la variable largo del plagiotropo 15° de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones. Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra

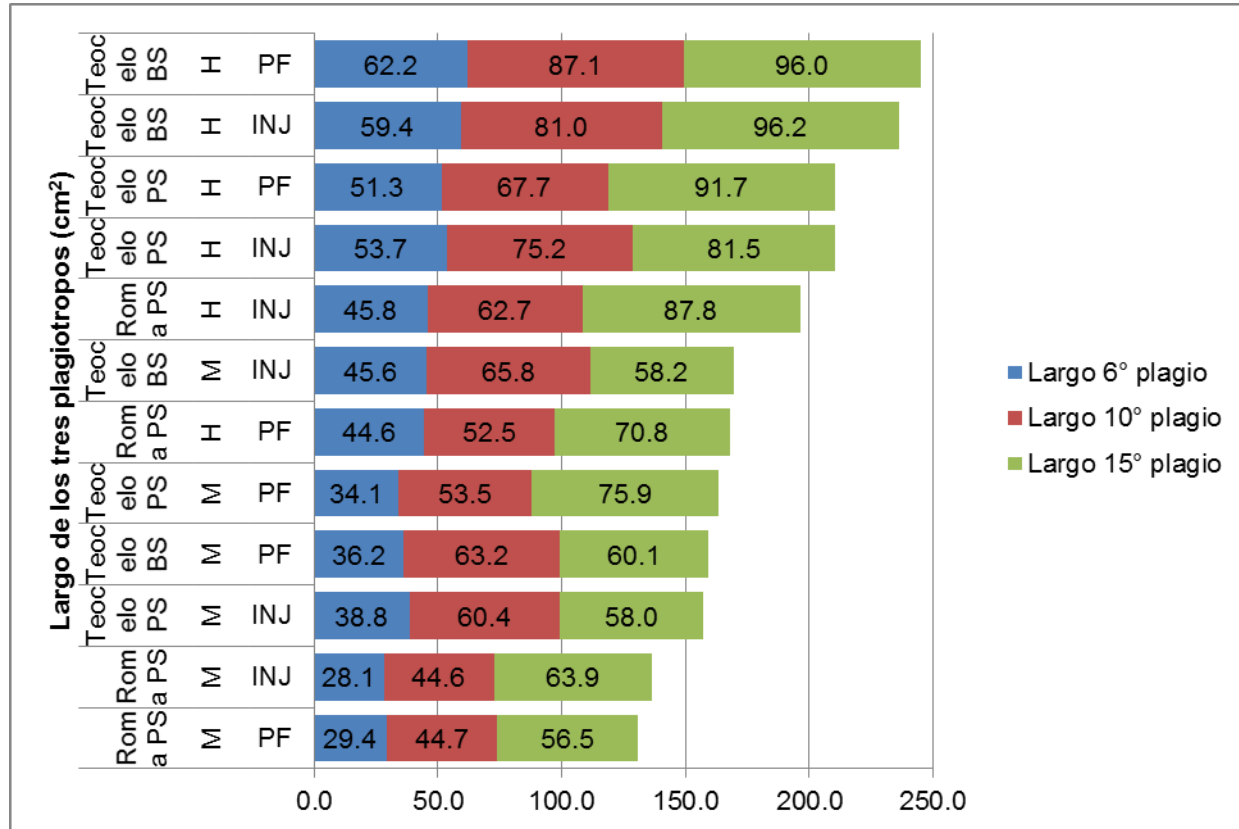


Figura 25. Resultados del largo de los tres plagiotropos medidos (6°,10°,15°) de los cafetos para cada variedad en cada parcela experimental.

En el largo de los plagiotropos, el plagiotropo 15 de las dos variedades bajo sombra y sol a pie franco e injertado en las dos parcelas muestra un largo más grande que los otros dos plagiotropos, siendo el plagiotropo 6° el que es menor. La variedad Marsellesa en Finca Roma y Teocelo pie franco e injertado tiene una longitud corta siendo la variedad híbrida la que tiene una longitud mayor a las demás variedades.



6.6. Área Foliar de las Hojas

Se encontraron diferencias estadísticas en el área foliar de las hojas para los factores “parcela”, “variedad”, “PF*INJ” (Cuadro 10). Pero lo que más influye para el área foliar es el factor “Parcela”.

Fuentes de Varianza	Área Foliar Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Área Foliar Medición Cuadrática	Área Foliar F	Área Foliar P
Parcela	43890482	2	21945241	81.131	0.000000
Variedad	4445522	1	4445522	16.435	0.000460
PFvsINJ	1402089	1	1402089	5.183	0.032009
Parcela*Variedad	1078453	2	539227	1.994	0.158146
Parcela*PFvsINJ	1177422	2	588711	2.176	0.135322
Variedad*PFvsINJ	7410	1	7410	0.027	0.869926
Parcela*Variedad*PFvsINJ	586703	2	293351	1.085	0.354067
Error	6491811	24	270492		
Total	59079893	35			

Cuadro 10. Resultados de análisis de varianza de la variable Área Foliar de las hojas de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones. Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra

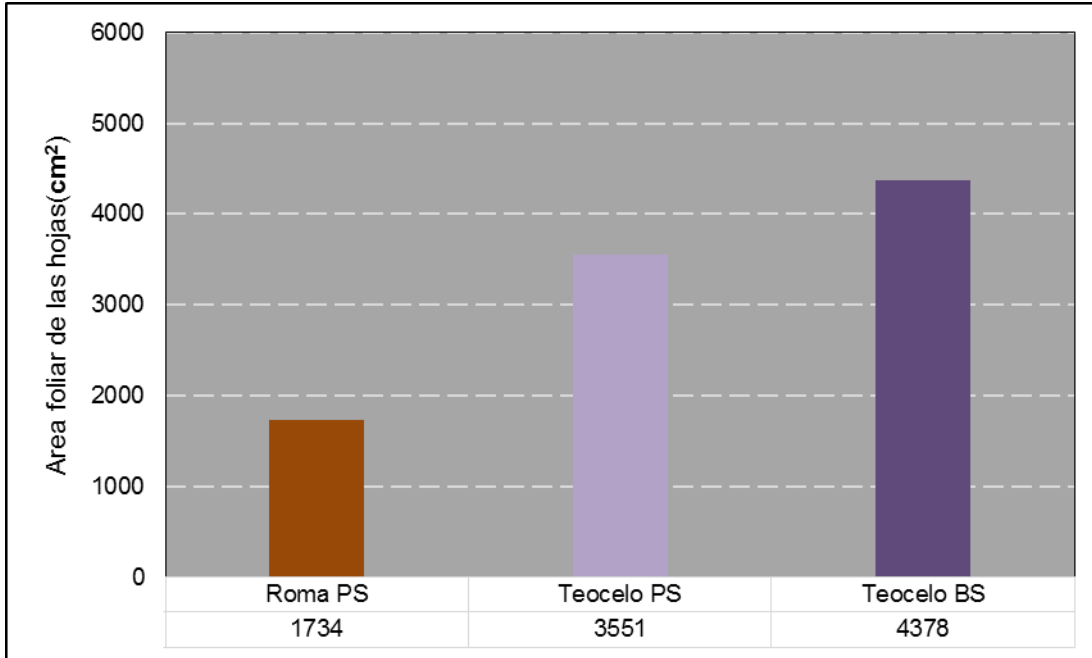


Figura 26. Resultados del área foliar de las hojas de los cafetos en cada parcela experimental.

Los cafetos bajo sombra en la parcela Teocelo tiene un área foliar de hojas mayor a las que están en pleno sol en las dos parcelas pero hay gran diferencia en la que están en finca Roma.

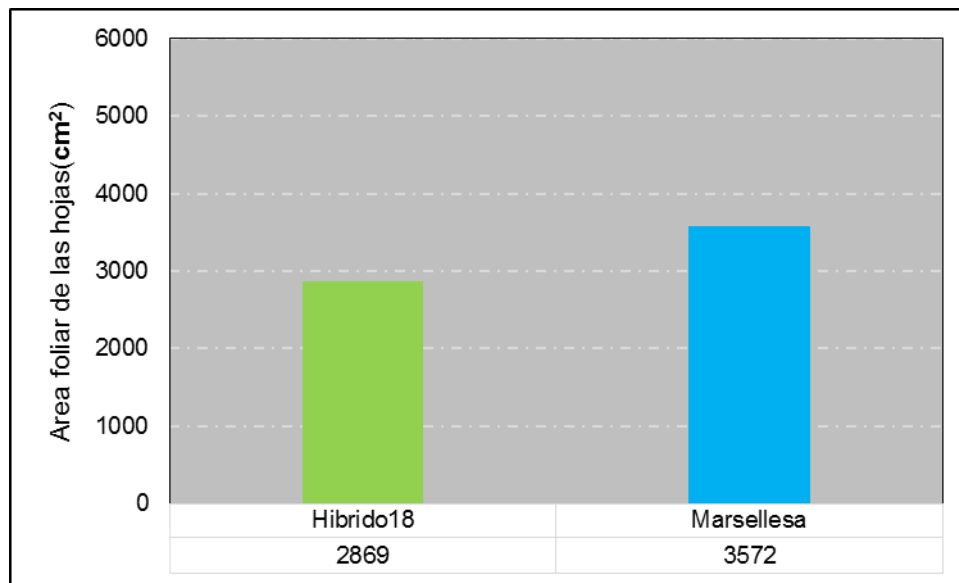


Figura 27. Resultados del área foliar de las hojas de los cafetos para cada variedad.

El área foliar de las hojas de los cafetos de la variedad Marsellesa es mayor a los híbridos.

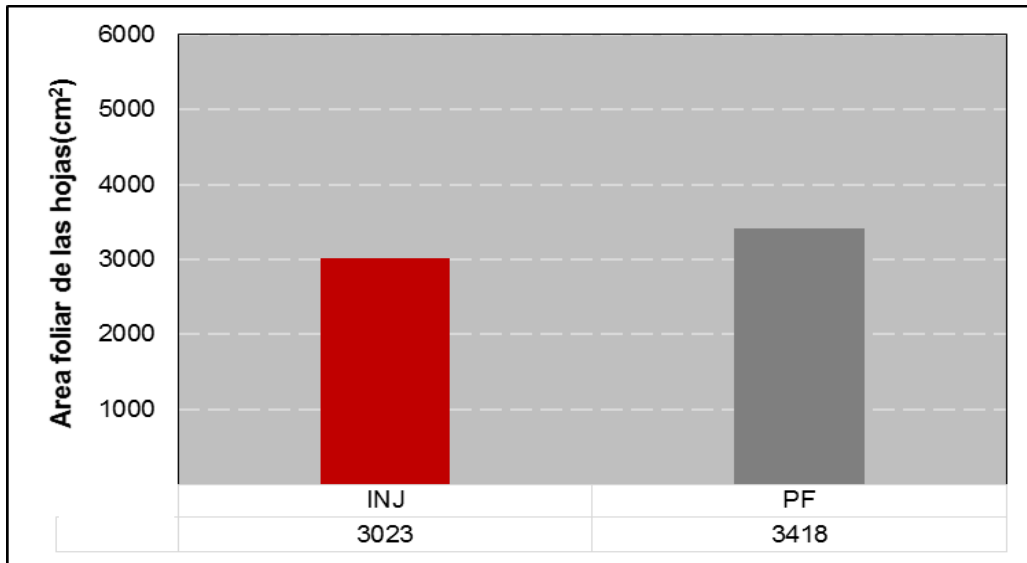


Figura 28. Resultado del área foliar (cm²) de las hojas de los cafetos Injertados y Pie Franco.

Los cafetos sembrados a Pie Franco tienen un área foliar de las hojas significativamente superior a los que son Injertos.

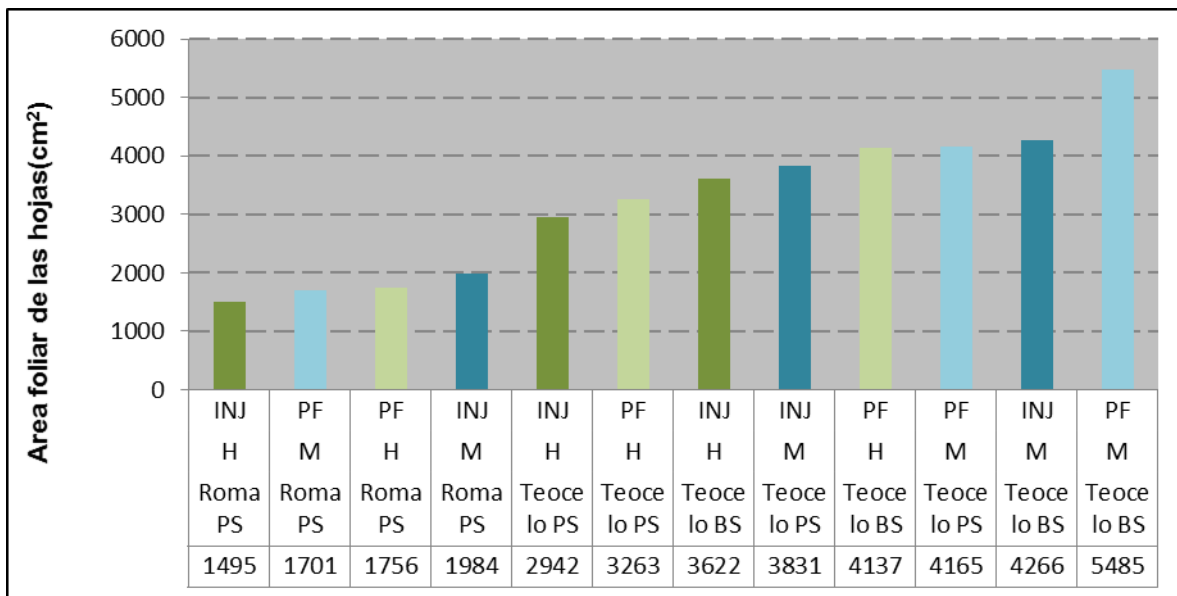


Figura 29. Resultado del área foliar de las hojas de los cafetos para cada variedad en cada parcela experimental.

Los cafetos de la variedad Marsellesa de pie franco e injertado bajo sombra en Teocelo tienen un área foliar mayor a los cafetos de la variedad Marsellesa e Híbrida que están en Finca Roma a pleno sol y de igual manera los que están a pleno sol en Teocelo.



6.7. Número total de hojas de los plagiotropos (6°,10° y 15°)

Se encontró una diferencia estadística en el número total de hojas de los plagiotropos solamente para el factor “parcela” (Cuadro 11).

Table with 6 columns: Fuentes de Varianza, Suma de Cuadrados, Grado de Libertad, Medición Cuadrática, F, P. Rows include Parcela, Variedad, PFvsINJ, and interaction terms.

Cuadro 11. Resultados de análisis de Varianza “del número total de hojas de los plagiotropos (6°,10°15°) de los cafetos en función de los tres factores parcela, varianza, PFvsINJ y de sus interacciones. Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra

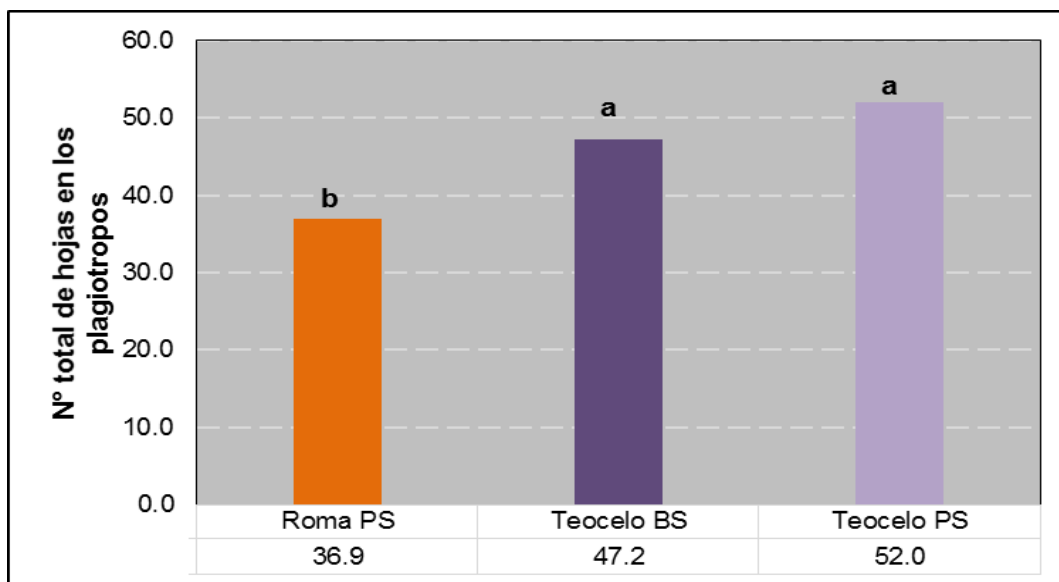


Figura 30. Numero promedio total de hojas sobre los tres plagiotropos (6°,10°,15°) de los cafetos en cada parcela experimental.



El número de las hojas en los plagiotropos (6°,10°,15°) de los cafetos en la parcela Teocelo bajo sombra y pleno sol tiene un número superior a los que estan en Finca Roma.

6.8. Porcentaje de Caída Foliar de los Cafetos

Se encontró una diferencia estadística en el porcentaje de la caída foliar de los cafetos solamente para el factor “parcela” (Cuadro 12).

Fuentes de Varianza	%Caída Foliar de Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	%Caída Foliar de Medición Cuadrática	%Caída Foliar F	%Caída Foliar P
Parcela	0.214636	2	0.107318	16.472	0.000031
Variedad	0.000001	1	0.000001	0.000	0.988629
PFvsINJ	0.004234	1	0.004234	0.650	0.428099
Parcela*Variedad	0.002012	2	0.001006	0.154	0.857797
Parcela*PFvsINJ	0.002851	2	0.001426	0.219	0.805056
Variedad*PFvsINJ	0.002274	1	0.002274	0.349	0.560214
Parcela*Variedad*PFvsINJ	0.011375	2	0.005688	0.873	0.430559
Error	0.156366	24	0.006515		
Total	0.393749	35			

Cuadro 12. Resultados de análisis de varianza de la variable “Caída Foliar” de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones. Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra

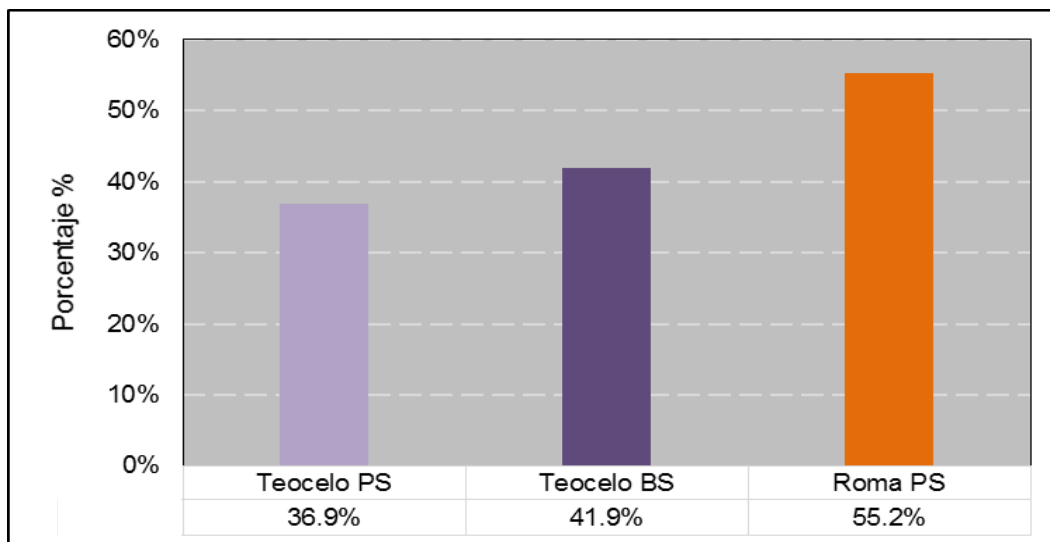


Figura 31. Porcentaje de la caída foliar de los cafetos en cada parcela experimental.



El porcentaje de la caída foliar de los cafetos en “Teocelo” a pleno sol y bajo sombra tiene un porcentaje inferior al porcentaje los cafetos a pleno sol en “Finca Roma”.

6.9. Desarrollo del Fruto

6.9.1. Conteo de Botones Florales

Se encontró una diferencia estadística en el conteo de botones florales en los factores “parcela”, “variedad” (Cuadro 13), mientras que en los demás factores no hay ninguna diferencia estadística.

Fuentes de Varianza	Boton Floral de Suma Cuadrados	Grado de Libertad	Boton Floral Medición Cuadrática	Boton Floral F	Boton Floral P
Parcela	3472.67	2	1736.33	4.7771	0.017930
Variedad	7424.69	1	7424.69	20.4271	0.000141
PFvsINJ	1056.25	1	1056.25	2.9060	0.101164
Parcela*Variedad	2381.56	2	1190.78	3.2761	0.055210
Parcela*PFvsINJ	1638.00	2	819.00	2.2533	0.126824
Variedad*PFvsINJ	1694.69	1	1694.69	4.6625	0.041040
Parcela*Variedad*PFvsINJ	1241.56	2	620.78	1.7079	0.202544
Error	8723.33	24	363.47		
Total	27632.75	35			

Cuadro 13. Resultados de análisis de varianza dela variable “Conteo de Boton Floral” de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones.

Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra



6.9.2. Conteo de Flores

Se encontró una diferencia estadística en el conteo de flores en el factor “parcela” (Cuadro 14), mientras que en los demás factores no hay ninguna diferencia estadística.

Fuentes de Varianza	Flor Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Flor Medición Cuadrática	Flor F	Flor P
Parcela	340.167	2	170.0833	8.05658	0.002104
Variedad	51.361	1	51.3611	2.43289	0.131904
PFvsINJ	10.028	1	10.0278	0.47500	0.497306
Parcela*Variedad	41.056	2	20.5278	0.97237	0.392594
Parcela*PFvsINJ	9.722	2	4.8611	0.23026	0.796059
Variedad*PFvsINJ	17.361	1	17.3611	0.82237	0.373504
Parcela*Variedad*PFvsINJ	50.389	2	25.1944	1.19342	0.320543
Error	506.667	24	21.1111		
Total	1026.750	35			

Cuadro 14. Resultados de análisis de varianza de la variable “Conteo de Flores” de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones.

Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra



6.9.3. Cuento de Frutos

Se encontró una diferencia estadística en el conteo de frutos en el factor “parcela”, “variedad”, *PFvsINJ”, “Parcela*PFvsINJ” y “Parcela*Variedad*PFvsINJ” (Cuadro 15) y el factor variedad tiene más influencia que todos los demás factores.

Fuente de Varianza	Frutos Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Frutos Medición Cuadrática	Frutos F	Frutos P
Parcela	57728	2	28864	15.0546	0.000058
Variedad	91809	1	91809	47.8844	0.000000
PFvsINJ	13689	1	13689	7.1397	0.013334
Parcela*Variedad	6663	2	3332	1.7376	0.197347
Parcela*PFvsINJ	18250	2	9125	4.7593	0.018159
Variedad*PFvsINJ	1369	1	1369	0.7140	0.406457
Parcela*Variedad*PFvsINJ	28631	2	14315	7.4663	0.003011
Error	46015	24	1917		
Total	264155	35			

Cuadro 15. Resultados de análisis de varianza de la variable “Frutos” de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones.

Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra



6.9.4. Potencial de Fructificación

Se encontró una diferencia estadística en el potencial de fructificación en el factor “parcela”, “variedad”, “Parcela*Variedad”, “Parcela*PFvsINJ” y “Parcela*Variedad*PFvsINJ” (Cuadro 15) y el factor variedad tiene más influencia que todos los demás factores.

Fuente de Varianza	Fructificación Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Fructificación Medición Cuadrática	Fructificación F	Fructificación P
Parcela	63051	2	31525	16.792	0.000027
Variedad	43960	1	43960	23.415	0.000063
PFvsINJ	7685	1	7685	4.094	0.054319
Parcela*Variedad	17269	2	8634	4.599	0.020378
Parcela*PF vsINJ	22218	2	11109	5.917	0.008145
Variedad*PF vsINJ	69	1	69	0.037	0.849105
Parcela*Variedad*PFvsINJ	16124	2	8062	4.294	0.025457
Error	45058	24	1877		
Total	215435	35			

Cuadro 16. Resultados de análisis de varianza de la variable “Fructificación” de los cafetos en función de los tres factores parcela, variedad, siembra y de sus interacciones Par = Parcela; Var = Variedad; Siem = Siembra

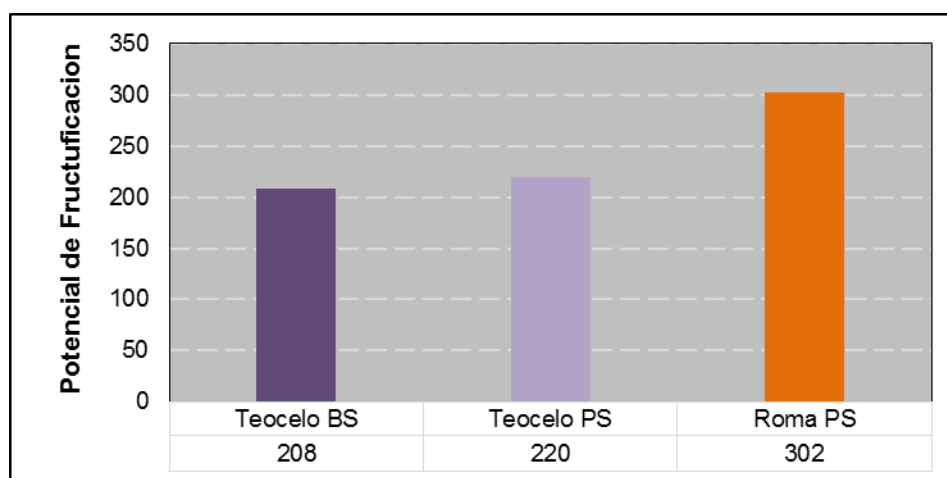


Figura 32. Resultado del potencial de fructificación de los cafetos en cada parcela experimental

En promedio, el potencial de fructificación de los cafetos en “Teocelo” a pleno sol y bajo sombra es menor comparado con los cafetos a pleno sol en “Finca Roma”.

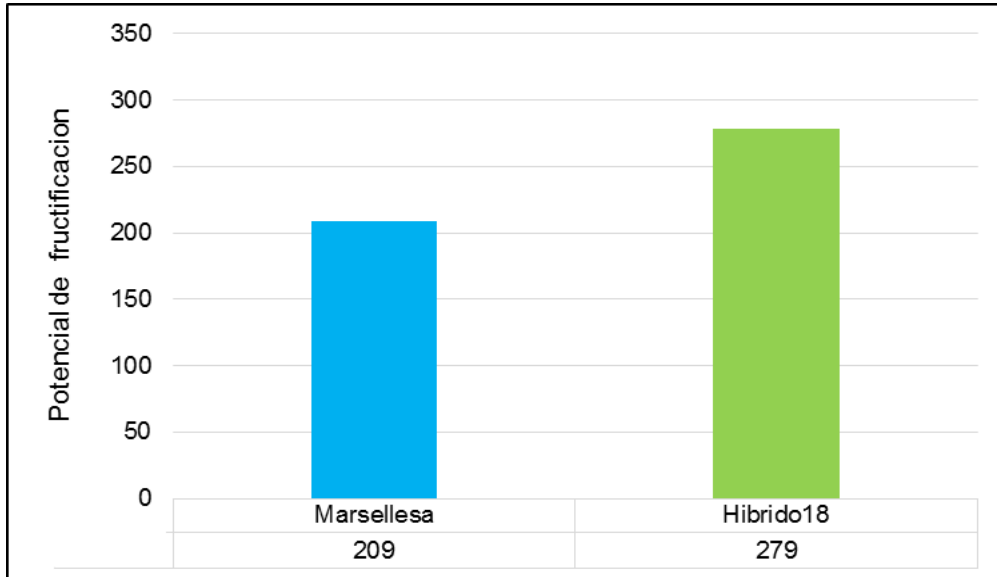


Figura 33. Resultados del potencial de fructificación de cafetos para cada variedad.

La fructificación de los cafetos de la variedad Híbrida tiene un potencial mayor a la variedad Marsellesa.

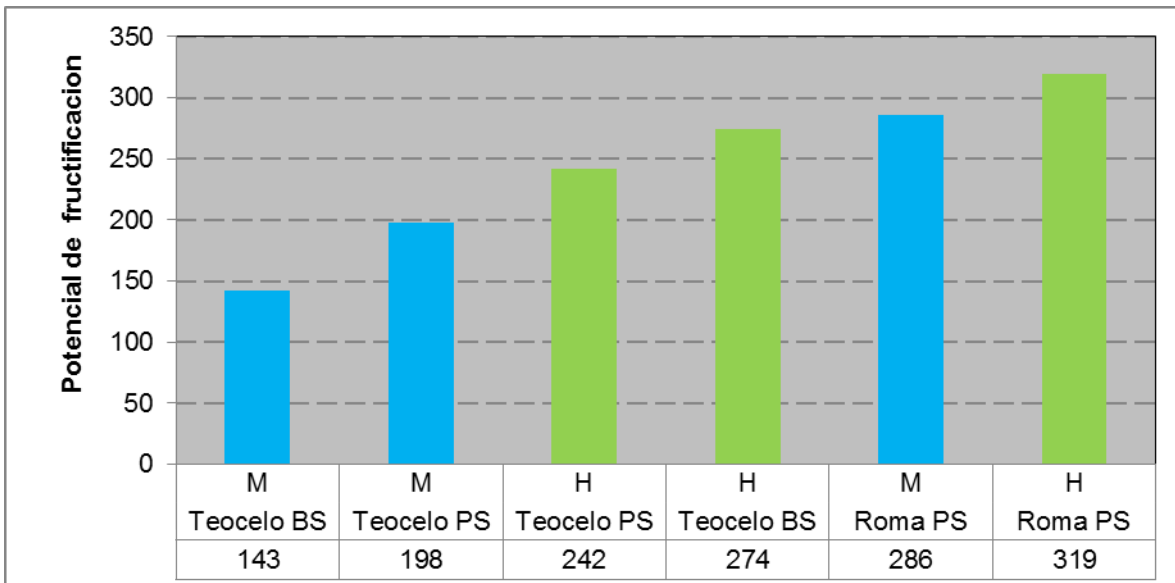


Figura 34. Resultados del potencial de fructificación para cada variedad en cada parcela experimental.

Los cafetos de la variedad Marsellesa y H18 en “Teocelo” a pleno sol y bajo sombra tienen un potencial de fructificación de los cafetos inferior a la variedad H18 y Marsellesa que se encuentran en “Finca Roma” a pleno sol.

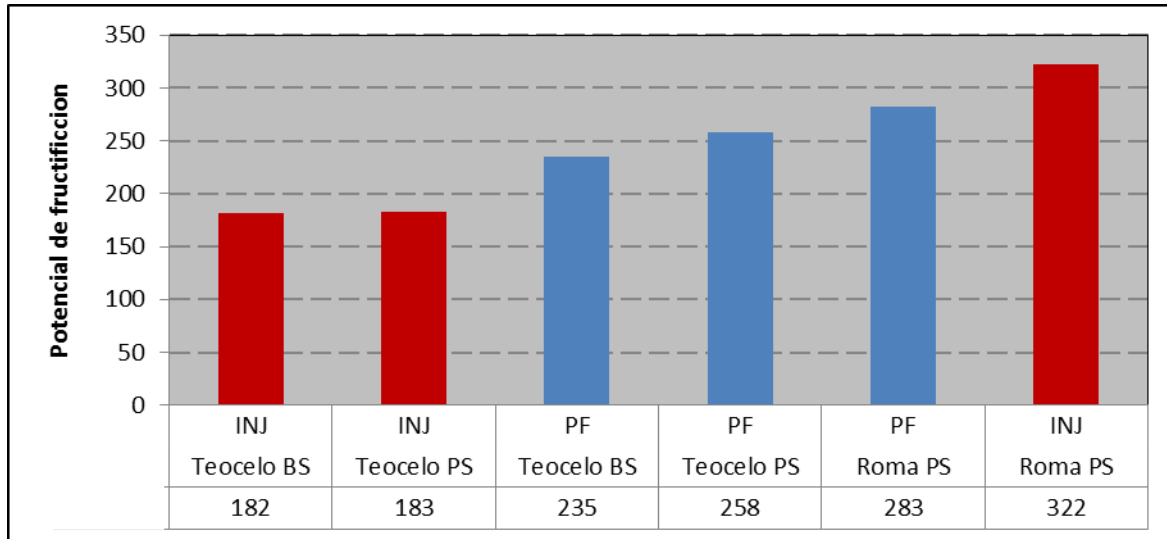


Figura 35. Resultados del potencial de fructificación para cada variedad en cada parcela experimental a pie franco e injertado

Los cafetos a Pie Franco e Injertado en “Roma” a pleno sol tienen un potencial de fructificación de cafetos mayor a los cafetos que se encuentran en “Teocelo” a pie franco e injertado a Bajo Sombra.

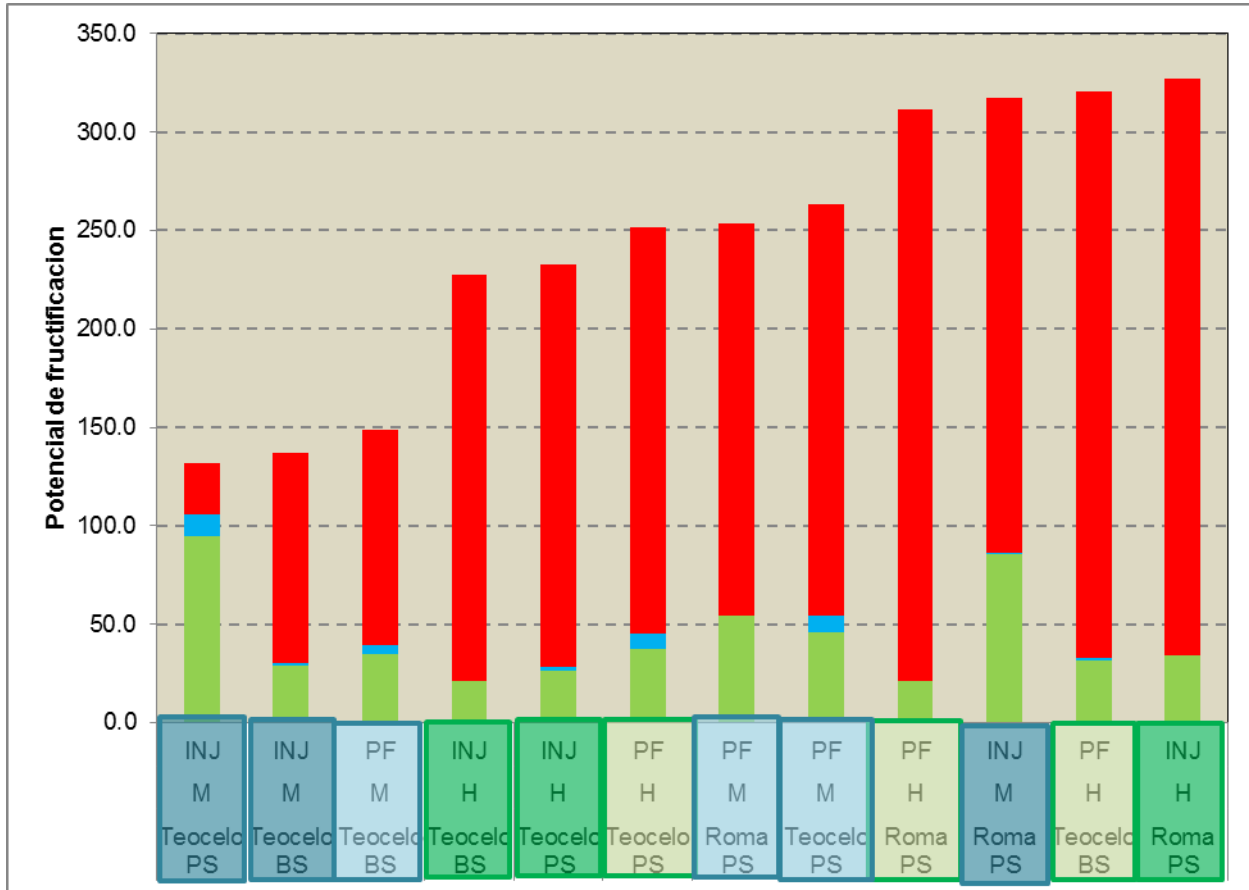


Figura 36. Potencial de fructificación en los tres estados (botón floral, flores, fruto)

Los frutos en la variedad Híbrida de las parcelas “Finca Roma” y “Teocelo” a pleno sol son más a comparación de la variedad Marsellesa en las dos parcelas bajo sombra. Hay un mayor índice de flores en la variedad Marsellesa a pleno sol en “Teocelo” a comparación de la variedad Híbrida que es menor el índice de flores en las dos parcelas a pie franco e injertado y la variedad Marsellesa tiene un índice mayor de botones florales a pleno sol en las dos parcelas y el menor índice de botones florales es la variedad Híbrida en “Finca Roma” a pleno sol y “Teocelo” bajo sombra.



VII. DISCUSIÓN

En finca roma a pleno sol los cafetos a pie franco presentaron un mayor diámetro del ortótropo indicando que en Teocelo a pleno sol y sombra injertados tuvieron un desarrollo lento por el porta injerto que es canephora (tropical-húmedo) el cual está adaptado a temperaturas más altas de las que hay en las dos parcelas que se hizo el estudio lo cual ocasiona que sea difícil desarrollarse. La variedad Marsellesa a pleno sol en Finca Roma es la que tiene el diámetro más grande y bajo sombra es menor lo cual ocasiona que sea muy susceptible a la sombra y altitud, es bien adaptada a condiciones calientes mientras que las otras dos variedades Garnica e Híbrido 18 a pleno sol en las dos fincas tienen diámetro menor comparado a Marsellesa a pleno sol, lo cual podemos ver que son mejores adaptadas a la sombra que Marsellesa.

Los cafetos que están en Teocelo Bajo Sombra tienen una altura superior a los otros dos tratamientos ya que hay más humedad de ese lado, los rayos solares no son directos lo cual no sufría ningún estrés hídrico, había lluvias constantes y siempre había un clima fresco con el cual los cafetos se ayudaban. En la variedad Híbrido 18 tuvo una mayor altura bajo sombra al igual que a pleno sol en las dos parcelas siendo superior a la variedad Garnica y aún más la variedad Marsellesa sea muy compacta sobre todo a pleno sol ya que se obtuvo un resultado inferior a los variedades.

La variedad Híbrido 18 es la única variedad que tiene a la vez buen desarrollo del tronco en diámetro y altura y buen desarrollo sus plagiotropos ocasionando mejor actividad fotosintética. Las mediciones de área foliar indican que en la parcela Teocelo bajo sombra es mayor a comparación que los cafetos que están a pleno sol e igual manera en Finca Roma, la variedad Híbrido 18 tiene un 24.5% menos de área foliar que la variedad Marsellesa que tiene mucho follaje pero es más compacta, las plantas que están en Finca Roma pie franco e injertado tienen un área foliar menor a la variedad Marsellesa bajo sombra a pie franco e injertado al igual la variedad Híbrido 18 tiene una tendencia por la sombra para injerto y pie franco.

Hay una tendencia de efecto negativo del injerto en Teocelo bajo sombra para el Híbrido 18 ya que no se obtuvo un buen potencial de fructificación al contrario del injerto pero en Finca Roma que si se obtuvo muy buena fructificación por el estrés hídrico que ocasiono la falta de agua y las altas



temperaturas en esa parcela, la variedad Marsellesa en una altitud bajo sombra tiene una baja productividad y la variedad Marsellesa el injerto tuvo un efecto positivo en la Finca Roma.



VIII. CONCLUSIONES

- La variedad Marsellesa se adapta mejor a una altitud >1200 m y la sombra que es a un 50% es adecuada para el cultivo de *C. arabica* pero a esta variedad la afecta significativamente en su crecimiento vegetativo y su potencial productivo. Ya que las zonas cafetaleras donde hay más afectación por la roya es a media altura, la variedad Marsellesa tiene una gran resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*), tiene una buena calidad de taza por lo que se hace una opción buena para los productores de café Arabica de estas zonas.
- Las variedades H18 y la Garnica, presentan una mejor adaptabilidad que la variedad Marsellesa a diferentes condiciones ambientales. En particular el H18 se adapta muy bien a las condiciones de sombra aun estando en altitudes mayores mostrando un excelente desarrollo vegetativo y conservando un alto potencial productivo. Al igual que la variedad Marsellesa es resistencia a la roya y tiene una excelente calidad de taza, esta variedad es una excelente opción para el cultivo de café en sistemas agroforestales y por lo tanto para los pequeños productores de café en México.
- El injerto sobre la variedad porta-injerto *C. canephora* cv Nemaya, se seleccionó por su resistencia a las mayores especies de nematodos parasitando el café, no tiene ningún efecto negativo sobre el crecimiento vegetativo o el potencial productivo de las tres variedades estudiadas. Este estudio junto con otro estudio posterior sobre las mismas parcelas que demostró que no hay diferencia en calidad taza entre cafetos injertados y de pie franco, para las dos variedades, Marsellesa y H18, esta práctica de injerto confirma que es una buena opción para controlar los ataques de nematodos que se observan en la región y en las diferentes condiciones que se encuentre el cultivo. Sin embargo, viendo las tendencia de mejor comportamiento de los cafetos injertados en condiciones más cálidas y secas y de un efecto negativo (pero no estadísticamente significativo en el estudio) en condiciones de mayor altura. Se debe de continuar este estudio para evaluar y comparar la productividad real de cafetos injertados *versus* de pie franco en las diferentes condiciones contrastantes del estudio. Si en este estudio hay diferentes resultados se confirmara a nivel de producción,



indicaría que se podría hacer una selección de diferentes variedades de porta-injertos adaptadas a las diferentes condiciones ambientales y sobre todo climáticas del cultivo de café Arabica.



IX. BIBLIOGRAFÍA

ANACAFE, 2017. Asociación Nacional del Café. Variedades del café. Disponible en: https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Variedades_de_cafe[Fecha de consulta: 21-feb-17].

CENICAFE (Centro Nacional de Investigaciones de Café). 2010. Condiciones climáticas y edafológicas adecuadas para el cultivo del café. http://www.cenicafe.org/modules.php?name=Sistemas_Produccion&fiel=condcli

Cafés de Mexico. 2006. Propuesta de ley para el desarrollo integral sustentable de la cafecultura mexicana. <http://www.cafesdemexico.com/cafecultura.htm> Rojo J.E. (2014). Café I (G. *Coffea*). Reduca (Biología). Serie Botánica. 7 (2): 113-132, 2014. ISSN: 1989-3620.

Escamilla, P. E. 2007. Influencia de los factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales en la calidad del café orgánico en Mexico. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduado. Campus Veracruz. Manlio Fabio Altamirano. Ver., Mexico. 254 p.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014; <http://www.fao.org>

Gitter SR, Weber JG, Barham BL, Callenes M, Valentine JL (2012) Fair trade-organic coffee cooperatives, migration, and secondary schooling in Southern Mexico. *J Dev Stud* 48:445-463. doi.org/10.1080/00220388.2011.598511.

González AA, Nigh R (2005) Smallholder participation and certification of organic farm products in Mexico. *J Rural Stud* 21:449-460. doi.org/10.1016/j.jrurstud.2005.08.004 (OIC, 2017).

Hunter LM, Murray S, Riosmena F (2013) Rainfall patterns and US migration from rural Mexico. *Int Migr Rev* 47:874-909. doi: 10.1111/imre.12051

Hernández-Martínez G, Escamilla-Femat S, Velázquez-Premio T, Martínez-Marín JL (2013) Análisis de la cadena de suministro del café en el Centro de Veracruz: situación actual, retos y oportunidades. En: López-Morgado R, Sosa-Fernández V, Díaz-Padilla G, Contreras Hernández H (eds) Cafecultura en la zona centro del estado de Veracruz: diagnóstico, productividad y servicios ambientales, INIFAP, México, pp 8-36

Hunter LM, Murray S, Riosmena F (2013) Rainfall patterns and US migration from rural Mexico. *Int Migr Rev* 47:874-909. doi: 10.1111/imre.12051

ICO (International Coffee Organization). 2017. www.ico2017.org



Lourdes Villers, Nancy Arispe, Roger Orellana, Cecilia Conde, Josefina Hernández, (2009) Impactos del Cambio Climático en la Floración y Desarrollo del Fruto del Café en Veracruz, Mexico. *INTERCIENCIA*, Vol. 34 N° 5.

López R, Escamilla E, Díaz G, Guajardo R, Martínez J, García L, Castillo M, López M, Barreda S (2013a). La cafeticultura en México y su problemática. En: López R, Díaz G, Zamarripa A (eds) El sistema producto café en México: problemática y tecnología de reproducción, SAGARPA y INIFAP, México, pp 5-31.

López-Gómez AM, Williams-Linera G, Manson RH (2008) Tree species diversity and vegetation structure in shade coffee farms in Veracruz, Mexico. *Agric Ecosyst Environ* 124:160-172. doi.org/10.1016/j.agee.2007.09.008

Mestries F (2006) Entre la migración internacional y la diversificación de cultivos. Los pequeños productores de café en dos localidades de Veracruz. *Sociológica*, 21:75-108.

Moguel, P. y M. Toledo. 2004. Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas* 55:27.

Pérez-Akaki PP (2011) Denominaciones de origen (DO) y marcas colectivas (MC) en el café mexicano, ¿estrategia para el desarrollo regional? *Revista Geográfica de América Central* 2(47E):1-22.

Robles-Berlanga HM (2011) Los productores de café en México: Problemática y ejercicio del presupuesto. *Mexican Rural Development Research Reports* 14:3-62.

SAGARPA (secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación).2005. Plan rector del sistema producto café en Mexico. Universidad Autónoma de Chapingo. Consejo Poblano del Café. INCA-RURAL, A.C.REMEXCAFE, S.C.Mexico, D.F.92p.

World Coffee Research´s, 2016. Variedades de Café de Mesoamérica y el Caribe.

Disponible en: <https://varieties.worldcoffeeresearch.org/es/varieties/bourbon>[Fecha de consulta: 21-feb-17].

Zamarripa-Colmenero A, López-Morgado R, Escamilla-Prado E (2013) Mejoramiento genético y variedades. pp. 57-84. En: López R, Díaz G, Zamarripa A (2013) El sistema producto café en México: problemática y tecnología de reproducción. SAGARPA e INIFAP. México.